

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра електронних приладів та пристроїв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Л.Д. Писаренко
“___” червня 2019 р.

Дипломний проект

освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»

(назва ОКР)

з спеціальності :

6.050802- Електроніка

Спеціалізація:

Електронні прилади та пристрої

на тему: Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень

Виконав:

студент IV курсу, гр. ДЕ-51

_____ Гайсін Артем Фанісович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доцент к.т.н. Терлецький О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти:

Нормоконтроль доцент к.т.н. Чадюк В.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет Е л е к т р о н і к и
Кафедра Електронні прилади та пристрої
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Бакалавр
Спеціальність: 6.050802 – Електроніка
Спеціалізація : Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.
_____ Л.Д.Писаренко
«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Гайсіну Артему Фанісовичу

1. Тема проекту «Система автоматичного регулювання параметрів складських приміщень»

і керівник проекту **Терлецький Олександр Володимирович, доцент.**

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р., № 1405-с

2. Строк подання студентом проекту «4» червня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Вимірювання температури в діапазоні -10 ... 50 °С, вимірювання відносної вологості 60 ... 100 °С, автоматизація керування на основі вимірюваних параметрів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Анотація; вступ; огляд науковотехнічної літератури по схемо-технічним принципам побудови та функціонування системи контролю параметрами мікроклімату; розробка алгоритму функціонування системи; розробка схем: структурної, функціональної, електричної принципової схеми пристрою контролю мікроклімату складського приміщення; розробка конструкторської документації на пристрій: складальне креслення на пристрій та на друковану плату; висновки; перелік використаної науково-технічної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу: Структурна, функціональна, електрична принципова схеми пристрою та складальне креслення пристрою аналізу та керування мікрокліматом складського приміщення; плакати з рисунками.

7. Дата видачі завдання 20.02.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури та існуючих рішень на тему автоматизованої системи керування мікрокліматом	20.03.2019– 01.04.2019	
2	Розробка алгоритму функціонування системи та розробка структурної схеми	01.04.2019– 20.04.2019	
3	Огляд сучасної елементної бази	20.04.2019– 25.04.2019	
4	Розробка схем функціональної та електричної принципової	25.04.2019– 10.05.2019	
5	Розробка конструкторської документації: друкованої плати та складального креслення	10.05.2019– 20.05.2019	
6	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка доповіді	20.05.2019– 10.05.2019	

Студент гр. ДЕ-51

_____ **А.Ф.Гайсін**

Керівник проекту

_____ **О.В.Терлецький**

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Примітка					
1	A4				Завдання на дипломний проект	1						
2	A4	БР.6.050802.051.005 ПЗ			Пояснювальна записка	59						
3	A1	БР.6.050802.051.005 ЕЗ			Сист.контр.пар.мікрокл.склад.при міщ. Схема електрична принципова	1						
4	A1	БР.6.050802.051.005 Е4			Сист.контр.пар.мікрокл.склад.при міщ. Друкована плата	1						
5	A1	БР.6.050802.051.005 СК			Сист.контр.пар.мікрокл.склад.при міщ. Складальне креслення	1						
6	A2	БР.6.050802.051.005.01 СА			Сист.контр.пар.мікрокл.склад.при міщ. Алгоритм роботи пристрою	1						
					Плакати з результатами розрахунків, графіками та формулами	2						
8	A4	БР.6.050802.051.005 ПЕ			Перелік елементів	2						
9	A4	БР.6.050802.051.005.01 СП			Специфікація	3						
					БР.6.050802.051.005 ВДП							
Зм.	Арк	П.І.Б.	Підп.	Дата								
Розроб.		Гайсін			Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень		Літ.	Арк.	Аркушів			
Перевірів		Терлецький						1	1			
							«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ЕПП, гр. ДЕ-51					
Н.контр.		Чадюк										
Затверд.		Писаренко										

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

**на тему: «Система автоматичного регулювання
параметрів мікроклімату складських приміщень»**

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

Система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складських приміщень

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» спеціальності 6.050802 - Електроніка, спеціалізації – Електронні прилади та пристрої. Гайсін Артем Фанісович. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Факультет електроніки, кафедра «Електронні прилади та пристрої». Група ДЕ-51. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 59 с., іл. 25, табл. 8.

Ключові слова: система керування мікрокліматом плодоовочевого сховища, модуль керування, модуль моніторингу, мікроконтролер, Arduino/

Короткий зміст роботи: В дипломному проекті представлено огляд науково-технічної літератури та статей на тему автоматизації систем управління використовуючи сучасну елементну базу. Показано системи, що використовуються нині та їх недоліки для якісного виконання поставленої задачі.

Розроблений алгоритм оптимального управління системою керування мікрокліматом плодоовочевого сховища для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату.

Показана сучасна елементна база, котру можна використати для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату плодоовочевого сховища. Забезпечуючи зберігання овочів та фруктів в якісному стані протягом всього строку зберігання.

Розроблено конструкторську документацію на пристрій. Розроблено електричну принципову схему, друковану плату та складальне креслення електронного пристрою. Описано технологію виготовлення друкованої плати.

АНОТАЦІЯ

Автоматизація керування мікрокліматом в плодоовочевих сховищах є перспективним напрямком інженерних і наукових розробок тому, що Україна займає лідерські позиції в Європі та світі з виробництва багатьох зернових та плодоовочевих культур.

В роботі продемонстровано огляд науково-технічної літератури та статей на тему автоматизації систем управління використовуючи сучасну елементну базу. Показано системи, що використовуються нині та їх недоліки для якісного виконання поставленої задачі.

Проаналізовано роботи досліджень в аграрній промисловості та на основі них розроблено вимоги щодо якісного зберігання плодоовочевої сировини в складських приміщеннях.

На основі вимог до підтримки параметрів мікроклімату та особливостей зберігання плодоовочевої сировини розроблено алгоритм оптимального управління системою керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.

Продемонстрована сучасна елементна база, котру можна використати для отримання параметрів повітряного середовища плодоовочевого сховища, аналізу отриманих параметрів та управління пристроями керування параметрів мікроклімату. Всі ці дії необхідні для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату плодоовочевого сховища. Забезпечуючи зберігання овочів та фруктів в якісному стані протягом всього строку зберігання.

Розроблено конструкторську документацію на пристрій. Розроблено електричну принципову схему, друковану плату та складальне креслення електронного пристрою. Описано технологію виготовлення друкованої плати.

S U M M A R Y

The automation of microclimate control in fruit and vegetable storage facilities is a promising direction of engineering and scientific development because Ukraine has a leading position in Europe and the world in the production of many cereals and fruit and vegetables.

The work demonstrates a review of scientific and technical literature and articles on the topic of automation of control systems using a modern elemental base. The systems used today and their disadvantages for qualitative performance of the given task are shown.

The work of researches in agrarian industry is analyzed and on the basis of them the requirements for quality storage of fruit and vegetable raw materials in warehouses are developed.

Based on the requirements to support the microclimate parameters and the features of storage of fruit and vegetable raw materials, an algorithm for optimal control of the microclimate control system for the fruit and vegetable storage facility has been developed.

The modern element base, which can be used for obtaining the parameters of the air environment of the fruit and vegetable storage, the analysis of the obtained parameters and management of microclimate parameters control devices, is demonstrated. All these actions are necessary to provide the optimal parameters of the microclimate of the fruit and vegetable storage. Ensuring the storage of fruits and vegetables in a quality state for the entire duration of storage.

The design documentation for the device has been developed. An electric circuit diagram, printed circuit board and assembly drawing of an electronic device have been developed. The production technology of the printed circuit board is described.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	11
ВСТУП.....	12
1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	14
1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату сховищ плодоовочевої продукції.....	15
1.2. Умови зберігання плодоовочевої сировини.....	17
1.3. Основні задачі, які виконуються системою контролю мікроклімату та шляхи їх реалізацій.....	19
1.3.1. Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату.....	19
1.3.2. Основні задачі які виконуються системою контролю повітряного середовища сховища та шляхи їх реалізації.....	20
Висновки.....	26
2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПЛОДООВОЧЕВОГО СХОВИЩА.....	27
2.1. Вимоги до функціональних можливостей системи.....	27
2.2. Алгоритм функціонування автоматичної системи контролю та керування.....	28
2.3. Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату плодоовочевого сховища.....	31
Висновки.....	32
3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОГО СХОВИЩА.....	33
3.1. Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи...33	
3.2. Розробка функціональної схеми пристрою контролю мікроклімату плодоовочевого сховища.	37
3.3. Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю	

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		9

мікроклімату плодоовочевого сховища.	41
3.4. Розробка друкованої плати пристрою контролю та керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.	45
4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРИСТРОЮ.	54
ВИСНОВКИ.	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57
Додаток А. Перелік елементів	
Додаток Б. Специфікація	
Додаток В. Лістинг програми	

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер;

ДП – друкована плата;

АЦП – аналогово – цифровий перетворювач;

УРТС – устаткування регулювання температури сховищ;

ШАК – шафа автоматичного керування;

ТЕН – трубчастий електронагрівник;

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція;

SDA – serial data;

SCL – serial clock;

ІС – inter-integrated circuits;

SPI – serial peripheral interface;

MOSI – master output - slave input;

АЛП – арифметико-логічний пристрій;

ОДП – одностороння друкована плата;

ДДП – двостороння друкована плата;

БДП – багатошарова друкована плата;

ГДК – гнучка друкована плата;

SMD – surface mount device;

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ВСТУП

Автоматизація підтримки необхідного мікроклімату в складських приміщеннях є перспективним напрямком інженерних і наукових розробок тому, що Україна займає лідерські позиції в Європі та світі з виробництва багатьох зернових та плодоовочевих культур.

Мікроклімат приміщення характеризується сукупністю параметрів, до яких відносять: температуру повітря, відносну вологість, рухливість повітря та наявність газів, що входять до його складу. Значення цих параметрів визначають залежно від типу плодоовочевої продукції та способу їх зберігання. Для складських приміщень основними є ті параметри, від яких залежить збереження плодоовочевої продукції в задовільному стані.

Актуальність цієї теми набувається на територіях країн з розвиненим агропромисловим комплексом. З розвитком цієї галузі збільшуються обсяги збору овочів та фруктів. Оскільки після збору плодоовочевої продукції, її потрібно зберігати в спеціалізованих складських приміщеннях, що задовольняють вимогам щодо зберігання в належному стані(табл. 1).

Ось деякі підсумки 2018 року галузі земельної діяльності [2]:

Оскільки обсяги збору фруктів та овочів є на високому рівні та збільшується, є очевидною необхідність довгострокового зберігання продукту для забезпечення можливості подальшої переробки.

Станом на 2019 рік на Україні недостатня кількість плодоовочевих сховищ, що мають змогу якісно зберігати продукцію для переробки її. Наслідком чого є необхідність транспортувати фрукти та овочі без переробки за кордон.

Це призводить до неможливості переробки та консервування через певний час. Наслідком є відсутність росту промисловості та відсутність збільшення робочих місць.

Сучасна технологія зберігання плодів і овочів на складах повинна мати повністю автоматизовану систему вентиляції сховищ, бути керованою оператором з пульта, сама проводить забір повітря зовні або зсередини приміщення,

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		12

охолоджувати або підігрівати повітря, визначати швидкість викиду повітряного потоку, підтримувати вологу, видаляти кисень, вуглекислий газ та етилен. Всі ці дії необхідні для збереження плодів свіжими.

Створення автоматизованих комплексів керування мікрокліматом в складських приміщеннях дозволить зробити економічно вигіднішим, менш трудомістким та масштабованим зберігання сировини до подальшої переробки та експорту готової продукції, або доставки кінцевому споживачу на території внутрішнього ринку.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СХОВИЩ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Створення системи керування мікрокліматом включає в себе комплексне вирішення завдання підтримання в необхідних межах таких параметрів повітря, як: температура, відносна вологість, концентрація вуглекислого газу, концентрація кисню, концентрація етилену та швидкість руху повітряних мас. Головні завдання систем керування мікрокліматом:

- створення та підтримання показників мікроклімату в складському приміщенні відповідно до вимог зберігання конкретного типу плодовоовочевої продукції;
- економія енергоресурсів, які витрачаються на створення та підтримання мікроклімату в плодовоовочевому сховищі.

В залежності від того, які зміни параметрів мікроклімату складського приміщення відбуваються, завдання аналізу та керування вимірюваними параметрами можна поділити на:

- забір повітря з зовнішнього середовища;
 - рекуперація тепла;
 - попередній нагрів повітря;
 - охолодження;
 - нагрівання повітря;
 - фільтрація повітря;
 - подача повітря в приміщення;
 - витягування відпрацьованого повітря;
 - циркуляція повітря (для забезпечення рівномірності мікрокліматичних показників повітря).

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		14

1.1. Існуючі системи регулювання мікроклімату сховищ плодоовочевої продукції

Устаткування регулювання температури сховищ(УРТС) – широко застосовується в даний час для зберігання плодовоовочевої сировини.

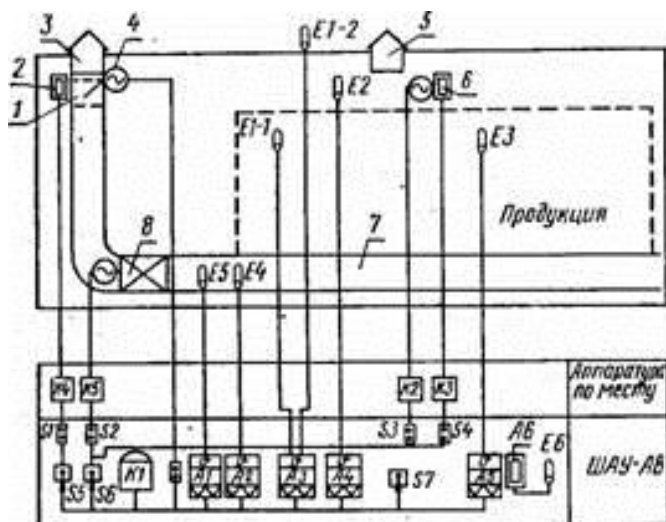


Рис. 1.1. Технологічна схема автоматичного управління температурним режимом в сховищі з обладнанням [3]

Система містить наступні складові:

- 1, 2 і 4 - змішувальний клапан, підігрівач і виконавчий механізм;
- 3 і 5 - припливна і витяжна шахти;
- 6 - рециркуляційний опалювально-вентиляційний агрегат;
- 7 - вентиляційний канал;
- 8 - припливний вентилятор;
- S1 ... S4 - кнопочві станції;
- E1 - датчики диференціального терморегулятора А3;
- E2, E3, E4 - датчики терморегуляторів;
- E5 - датчик пропорційного терморегулятора А1;
- E6 - біметалічний датчик температури підігріву шафи ШАУ-АВ;
- А6 - електронагрівач;
- S5, S6 - універсальні перемикачі; S7 - вимикач;

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		15

- K1 - реле часу;
- K2 ... K5 - магнітні пускачі.

Система для управління мікрокліматом в плодоовочевому сховищі призначена

для підтримки температури заданою шафою керування (ШАК-AB), та не має можливості змінити налаштовані параметри без втручання кваліфікованих спеціалістів з електроніки або кваліфікованого оператора даного пристрою.

Недоліком даного пристрою для його використання в автоматизованій системі керування мікрокліматом є те, що він має обмежені можливості в керуванні параметрами повітря плодоовочевого сховища. УРТС виконує керування тільки температурою, це не забезпечує належних умов для зберігання плодоовочевої продукції в задовільному стані.

По причині наявності вище перерахованих недоліків, шафа керування (ШАК-AB) не має можливості для забезпечення якісного зберігання плодоовочевої продукції в складських приміщеннях. Отже наслідком цього - використання даної системи унеможлиблює переробку або реалізацію плодоовочевої продукції через тривалий час.

Прикладом сучасної системи контролю мікроклімату є «Micro 2004» - це автоматична система призначена для зберігання овочів та фруктів для застосування в овочесховищах, що використовує сучасні технології. Інтерфейс системи простий і зрозумілий. Дана система дозволяє точно керувати пристроями підтримки і зміни мікроклімату в приміщенні, оптимально використовуючи електричну енергію. Автоматика «Micro 2004» використовується і як система сигналізації, попереджаючи про полум'я в складському приміщенні, проникнення незаконним чином та природних катаклізмів.

«Micro 2004» може додатково оснащуватись системою стеження за змінами і перешкодами в роботі інших пристроїв в овочесховищі. Данні можуть виводитися у вигляді графіків для більш наочного представлення інформації.

В системі «Micro 2004» використовуються такі пристрої:

1. REMANA-SIN12 - датчик температури

Діапазон вимірювання. -20 ... 50 °С					Арк
БР.6.050802.051.005 ПЗ					16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Живлення: 9-28 В, max. 100 mA

Габаритні розміри: 180 x 125 x 70 mm

Інтерфейс підключення: RS485

1. REMDIGI-10 - модуль реле

Діапазон вимірювання: -20 ... 50 ° C

Живлення: 20-28 В, 200 mA

Габаритні розміри: 180 x 90 x 50 mm

Інтерфейс підключення: RS485

«A-Gate» - прилад управління «MICRO 2004» з комп'ютера і для експорту змін системи за весь період зберігання продукції.

Недоліком даної системи для її використання є висока вартість, що унеможливорює використання даної системи в малому та середньому приватному сільськогосподарському бізнесі. Із-за складності конструкції для її встановлення необхідні спеціалісти-монтажники компанії, що розробляє «Micro 2004». Оскільки це закордонна компанія, встановлення системи спеціалістами даної організації накладає додаткові витрати на монтаж та налаштування.

1.2. Умови зберігання плодоовочевої сировини.

Для кожної окремого типу плодоовочевої продукції визначені умови зберігання в якісному стані в складському приміщенні. З наведеної нижче таблиці можна визначити діапазон температури та відносну вологості повітря, які повинна забезпечити система моніторингу та контролю мікроклімату.

Для тривалого збереження овочів та фруктів для подальшої переробки, потрібне забезпечення умов наведених в табл.1.1.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		17

Табл. 1.1. Умови збереження свіжих плодів та овочів[4]

Плодоовочева продукція	Температура продукції, °C	Відносна вологість, %	Орієнтовний час зберігання, доба
Баклажани	+7 ... +10	85...90	до 10
Горошок зелений	-0,5 ... 0	85...98	до 21
Кабачки	0 ... +4	85...90	до 60
Капуста білокачанна	-1 ... 0	85...90	180-270
Картопля	+2 ... +3	85...95	90-270
Цибуля	-2 ... +2	65...75	30-240
Морква	-0.5 ... +0.5	90...100	30-270
Огірок	+7 ... +13	90...95	10-14

З табл.1.1. визначено, в яких діапазонах температури та відносної вологості повітря автоматизована система керування вентиляцією повинна забезпечувати зміну показників мікроклімату.

Система повинна забезпечувати можливість точного керування та вимірювання відносної вологості повітря в складському приміщенні від 60 до 100%.

Підвищений вміст в атмосфері сховища вуглекислого газу, викликає призупинення дозрівання плодів, уповільнення і гальмування різних хімічних реакцій, зменшує дію етилену, завдяки чому нівелюються багато негативних процесів в рослинах, і зберігається м'якість і колір овочів та фруктів.

Знижений вміст в атмосфері сховища кисню, уповільнює процес псування продуктової сировини, зменшує інтенсивність процесів окислення, призупиняє дозрівання овочів і фруктів, збільшує термін зберігання агропродукції.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Згідно з наведених вимог до вимірювання та керування температуро-вологісними характеристиками мікроклімату, потрібно розглянути елементну базу, здатну виконувати вимірювання показників в заданих діапазонах з задовільною точністю та частотою.

1.3. Основні задачі, які виконуються системою контролю мікроклімату та шляхи їх реалізацій

1.3.1. Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату

Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату плодовоовочевого сховища полягає у відслідковуванні поточного стану: концентрації кисню, вуглекислого газу, температури та відносної вологості мікроклімату в складському приміщенні, а також керування мікрокліматичними параметрами складського приміщення у режимі реального часу.

Сучасна технологія зберігання плодовоовочевої продукції в складських приміщеннях повинна мати повністю автоматизовані системи: вентиляції складського приміщення, керування обігрівом та охолодженням та вилучення кисню. Бути керованою оператором з пульта керування або віддалено використовуючи мережу Інтернет, сама проводить забір повітря зовні або зсередини приміщення, охолоджувати або підігрівати повітря, підтримувати відносну вологість мікроклімату, видаляти кисень, вуглекислий газ та етилен. Всі ці дії необхідні для збереження плодів свіжими протягом всього строку зберігання.

Враховуючи температуро-вологісні характеристики сховища, рівень концентрації вуглекислого газу, та концентрації кисню, необхідно контролювати мікроклімат за допомогою системи контролю, яка дозволяє в реальному часі отримувати достатньо точну інформацію про стан приміщення. Така система

контролю повинна відслідковувати наступні параметри.

					<i>БР.6.050802.051.005 ПЗ</i>	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		19

- температуру повітря – за допомогою цифрового температурного датчика;
- відносну вологість повітря – за допомогою цифрового датчика вологості;
- рівень насиченості CO₂ – за допомогою цифрового газового датчика;
- рівень насиченості O₂ – за допомогою цифрового газового датчика;
- ступінь неоднорідності повітря – за допомогою групи датчиків, розміщених в різних частинах та на різній висоті сховища.

Виходячи із актуальної інформації про дані показники мікроклімату в плодовоовочевому сховищі, автоматизована система контролю мікроклімату повинна керувати цими параметрами.

Керування буде здійснюватися через систему керування вентиляцією. А так як керування вентиляцією відбувається через вентиляційну камеру, автоматизована система контролю повинна змінювати параметри роботи окремих органів вентиляційної камери задля керування загальними мікрокліматичними умовами в приміщенні.

Отже, призначенням автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату є здатність відслідковування у режимі реального часу мікрокліматичних показників в приміщенні та наявність механізмів керування даних показників відповідно до заданих умов.

1.3.2. Основні задачі які виконуються системою контролю повітряного середовища сховища та шляхи їх реалізації

Відповідно до призначення автоматизованої системи контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища, сформовані основні задачі, які повинна вирішувати система. Отже, до основних задач автоматизованої системи контролю вентиляції віднесемо наступні:

- вимірювання температури в складському приміщенні;
- зміна температури в приміщенні за заданим алгоритмом;

вимірювання рівня вологості,					Арк.
БР.6.050802.051.005 ПЗ					20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- зміна рівня вологості;
- можливість керувати параметрами мікроклімату автоматично;
- можливість керувати параметрами мікроклімату вручну;
- наявність запрограмованих режимів зміни мікроклімату в залежності від вимог до умов зберігання.

Необхідно розглянути та проаналізувати кожен з цих задач, за для їх вирішення.

Вимірювання температури в сховищі в режимі реального часу за відповідні проміжки часу. Для вирішення даної задачі застосовуються термочутливі датчики, інформацію про температуру з яких, можна отримувати в цифровому вигляді.

Розрізняють різні типи датчиків в залежності від типу термочутливого елемента:

- термопари;
- терморезистори;
- лінійні аналогові перетворювачі;
- цифрові датчики температури;
- інфрачервоні датчики температури.

Кожен із наведених вище видів датчиків має свої переваги та недоліки.

Керуючись завданнями та вимогами котрим повинен відповідати датчик температури, а також враховуючи такі критерії як компактність, можливість вимірювати температуру в діапазоні від -10 до 50°C (даний діапазон обумовлений технічними характеристиками вентиляційних камер), розрядом точності 0,5 °C.

Зміна температури в складському приміщенні за заданим алгоритмом. Для вирішення поставленої задачі в системі контролю параметрів мікроклімату необхідно передбачити можливість керування нагрівальним елементом, який конструктивно входить до складу вентиляційної камери.

Для правильного вибору системи опалення складського приміщення необхідно враховувати нормативні вимоги, що відносяться до категорії вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення, що призначене для зберігання продукції. В складських приміщеннях категорій А, Б і В без виділення

Зм.					БР.6.050802.051.005 ПЗ		Анк
Арк.							21
№ док.							
Підпис							
Дата							

пилу і аерозолів застосовують системи повітряного, водяного і парового опалення.

Водяне і парове опалення не допускається в приміщеннях, де зберігають речовини, що утворюють при контакті з водою або водяними парами вибухонебезпечні суміші, або речовини, здатні до самозаймання або вибуху (вимога для приміщень категорій А та Б). В складських приміщеннях категорій Г і Д без виділення пилу і аерозолів застосовують повітряне, водяне та парове опалення. Температура теплоносія-води - 150°C, пара - 130°C. У тих же приміщеннях з підвищеними вимогами до чистоти повітря використовується повітряне та водяне опалення з температурою води 150°C і радіаторами.

В плодоовочевих сховищах використовують системи повітряного опалення. Найбільш розповсюджений нагрівальний елемент, який

використовується для нагріву приточного повітря в вентиляційній камері - ТЕН (трубчастий електронагрівник). Конструкція ТЕН зображена на Рис. 1.2.

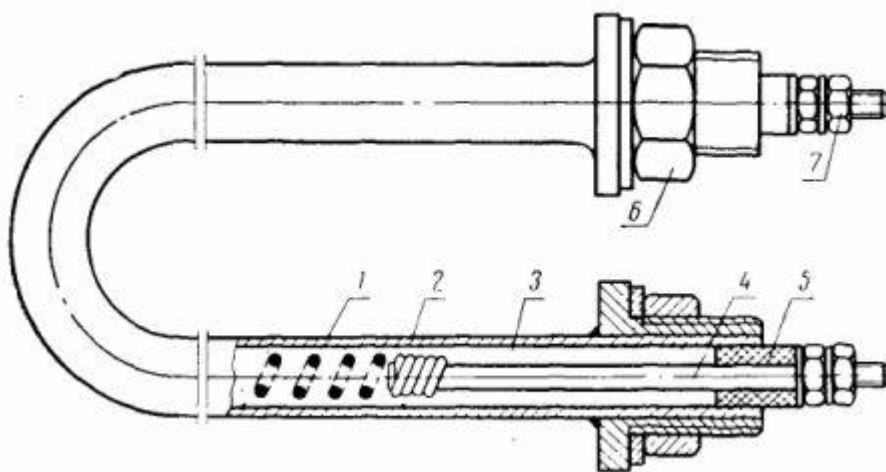


Рис. 1.2. [6] Трубчастий електронагрівач (ТЕН) герметичного виконання: 1 - ніхромові спіраль, 2 - трубка, 3 - наповнювач, 4 - похідна шпилька, 5 - герметизуюча ущільнювальна втулка, 6 - гайка для кріплення, 7 - виводи.

Зображення сучасного оребреного ТЕН показано на Рис. 1.3.



Рис. 1.3. [7] Промисловий трубчастий електронагрівач

Сканування рівня вологості в режимі реального часу. Для сканування рівня вологості повітря використовують:

- датчики з ємнісним входом;
- датчики з виходом по напрузі;
- датчики з цифровим виходом.

Розробляючи систему контролю мікроклімату плодоовочевого сховища оптимальним рішенням є використання датчиків відносної вологості та температури, які мають усі необхідні електричні компоненти для роботи, та наявний цифровий або аналоговий вихід, який дозволяє зручно та швидко підключити готове рішення датчика в систему. Прикладом такого датчика є DHT22.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		23



Рис. 1.4. [8] Датчик вологості та температури DHT22

Даний датчик задовольняє вимогам по вимірюваним параметрам. Діапазон вимірювання вологості від 0% до 100%, та температури від -40 до +125, що повністю покриває необхідний діапазон вимірювання.

Більшість холодильних камер зберігання плодоовочевої продукції вимагають високої відносної вологості повітря, близько 90-95%. Однак застосування сучасних холодильних агрегатів (низькою температурою холодоагенту) знижує відносну

вологість через висушування повітря на холодильних випаровувачах. При цьому, волога стікає в піддон при "розморозці", а повітря стає більш сухим. Сухість повітря камери зберігання призводить до зниження вологи в продукції, що спричиняє її усушку і втрату товарного вигляду. Також змінюється відносна вологість повітря і при вентиляції приміщення. Тому повітря сховищ, особливо обладнаних холодильними агрегатами, необхідно зволожувати.

Складність зволоження холодильних приміщень визначається декількома факторами: необхідна висока відносна вологість повітря, велика щільність завантаження камери, високі вимоги до якості продукції - не допущення "намокання" і як наслідок гниття поверхні продукції від роботи зволожувача.

Для зміни рівня вологості приточного повітря в вентиляційних камерах використовуються зволожувачі повітря. Бувають 4 основні типи зволожувачів

повітря	сотові, парові, ультразвукові, із водяним розпиленням.				Анк
					БР.6.050802.051.005 ПЗ
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	24

Парові зволожувачі вносять надлишкову додаткове тепло в камеру; форсунки і диски зрошують повітря та вимагають додаткових камер зрошення при монтажі у вентиляційний канал, а при прямому зволоженні (безпосередньому монтажі в камеру) утворюється великий факел розпику водяних крапель які неприпустимі в овочесховище. Випарні зволожувачі не здатні підняти вологість до 95-97%, особливо при низьких температурах.

Для розробки системи контролю параметрів мікроклімату приймається, що дана система буде працювати із ультразвуковими зволожувачами повітря, так як вони:

- можуть бути вмонтованими у вентиляційну камеру або у вентиляційний канал;
- реалізують керований процес адіабатного зволоження, який забезпечує економію води та електроенергії;
- виключають появу мікроорганізмів в резервуарі;
- володіють високою точністю підтримки заданого рівня вологості.

Мілкий водяний туман за допомогою ультразвукового дроблення води. Необхідно відзначити, що ці системи зволоження спроектовані спеціально для холодильних камер зберігання і мають незаперечні переваги. Утворений водяний туман дуже летючий, що не осідає на продуктах зберігання, добре дрейфує по камері з повітряними потоками і рівномірно випаровуються, доносячи вологу до всіх зон приміщення.

Для контролю рівня вуглекислого газу в повітрі необхідно, при проектуванні системи збору параметрів мікроклімату, використати спеціалізований датчик вуглекислого газу.

Для забезпечення точних вимірів необхідно обрати датчик показники якого не будуть залежати від вологості повітря. Оскільки вологість повітря для різних типів плодоовочевої продукції необхідна різна, на високому рівні 80% та більше.

Прикладом якісного датчика вуглекислого газу є TGS4161.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		25

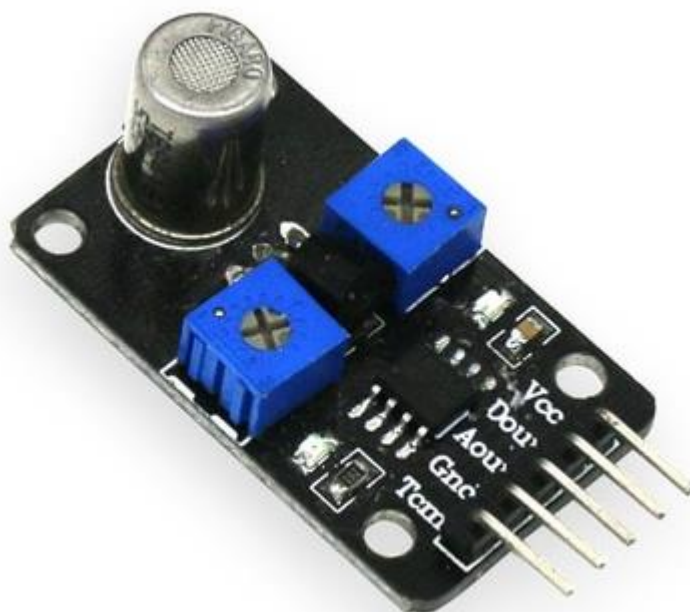


Рис. 1.5 Модуль з датчиком вуглекислого газу TGS4161

Датчик являє собою електрохімічний осередок для роботи якої потрібна висока температура. Датчик має аналоговий вихід. Температура забезпечується вбудованим в датчик нагрівачем потужністю приблизно 0,2Вт. Напруга на осередку при концентрації CO₂ 350ppm і нижче має стабільне значення, а коли концентрація CO₂ зростає, напруга на осередку теж змінюється, а саме зменшується. Для узгодження високого вихідного опору осередки і з метою посилення напруги застосовані ОУ. Необхідне калібрування пристрою для забезпечення точних вимірів.

Висновки

1. Проаналізовано існуючі системи керування мікрокліматом та виділення їх не достатків в конструкції або ціні.
2. Дізналися необхідні параметри повітряного середовища в плодоовочевому сховищі для забезпечення зберігання плодоовочевої сировини в якісному стані протягом всього строку зберігання.
3. Проведено аналіз датчиків, що можуть бути використані при розробці системи керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		26

На основі аналізу необхідних параметрів мікроклімату, проведено пошук пристроїв, що можуть бути застосованими для керування параметрами повітряного середовища в середині плодоовочевого сховища. Було обрано ТЕН та ультразвуковий зволожувач повітря.

2. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПЛОДООВОЧЕВОГО СХОВИЩА.

2.2. Вимоги до функціональних можливостей системи.

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату плодоовочевого сховища повинна відповідати таким вимогам:

- наявність основного керуючого модулю та системи датчиків розміщених в визначених місцях, які збирають необхідну інформацію про стан мікроклімату складського приміщення та передають його до керуючого модулю;
- конструкція керуючого модулю повинна мати розміри, що дозволить розмістити його в зручному для оператора місці.
- керуючий модуль повинен передавати всю інформації щодо поточного стану мікроклімату приміщення безперервно кожний проміжок часу зазначений оператором системи.
- керуючий модуль повинен приймати всю необхідну інформацію щодо зміни поточного стану окремих функціональних вузлів вентиляційної камери бездротовим каналом зв'язку.
- датчики повинні мати точність, що дозволить керувати системою однозначно та точно(кожен тип датчиків має свої допустимі похибки).

Виходячи із наведених вимог та враховуючи загальну концепцію розроблюваної системи, наведено перелік параметрів, які необхідно розрахувати

					<i>БР.6.050802.051.005 ПЗ</i>	<i>Апк</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>27</i>

та сформулювати виходячи із обраної елементної бази під час подальшої інженерно-конструкторської розробки.

Основні параметри модулю моніторингу:

- діапазон вимірювальних температур;
- діапазон вимірюваної відносної вологості;
- діапазон вимірювання рівня вуглецевого газу в повітрі;
- діапазон вимірювання рівня кисню в повітрі.

Наведені вище параметри будуть розраховані далі в цьому розділі.

2.2. Алгоритм функціонування автоматичної системи контролю та керування;

Алгоритм функціонування — це сукупність правил, що ведуть до правильного виконання технічного процесу в пристрої або в системі.

Оскільки розроблювальна система є автоматичною системою стабілізації – її алгоритм функціонування містить завдання підтримувати керовані параметри постійною при збуреннях.

Задаюча дія розроблювальної системи – постійна величина, тобто:

$$g(t) = g_0 = \text{const.}$$

Система керування мікроклімату плодоовочевого сховища повинна виконувати наступну послідовність дій для забезпечення задовільних умов зберігання для сировини:

1. ініціалізація програмного забезпечення;
2. перевірка підключення функціональних вузлів;
3. перевірка наявності увімкнених датчиків;
4. запит на отримання інформації від підключених модулів моніторингу;
5. отримання інформації від модулів моніторингу;
6. налаштування режиму роботи відповідно до типу сировини, що зберігається;
7. під'єднання до мережі Інтернет та зв'язок із сервером початок запису

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		28

8. параметрів на віддалений сервер;
9. перевірка відповідності поточних параметрів мікроклімату
10. налаштування режиму роботи пристроїв регулювання мікроклімату для забезпечення необхідних параметрів повітря, відповідно до налаштованого режиму;

Блок-схема роботи системи регулювання мікрокліматом складського приміщення наведена на Рис.2.1.

Згідно до відповідних режимів роботи система керування вентиляцією буде здійснювати керування функціональними блоками коректування параметрами повітря:

- нагрівачем повітря;
- охолоджувачем повітря;
- зволожувачем повітря;
- системою видалення вуглекислого газу та кисню з повітря;
- системою циркуляції повітря в середині сховища.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		29



Рис. 2.1. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.

2.3. Розробка структурної схеми пристрою контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища.

По вимогам визначеним в попередньому розділі, розроблено структурну схему даної системи.

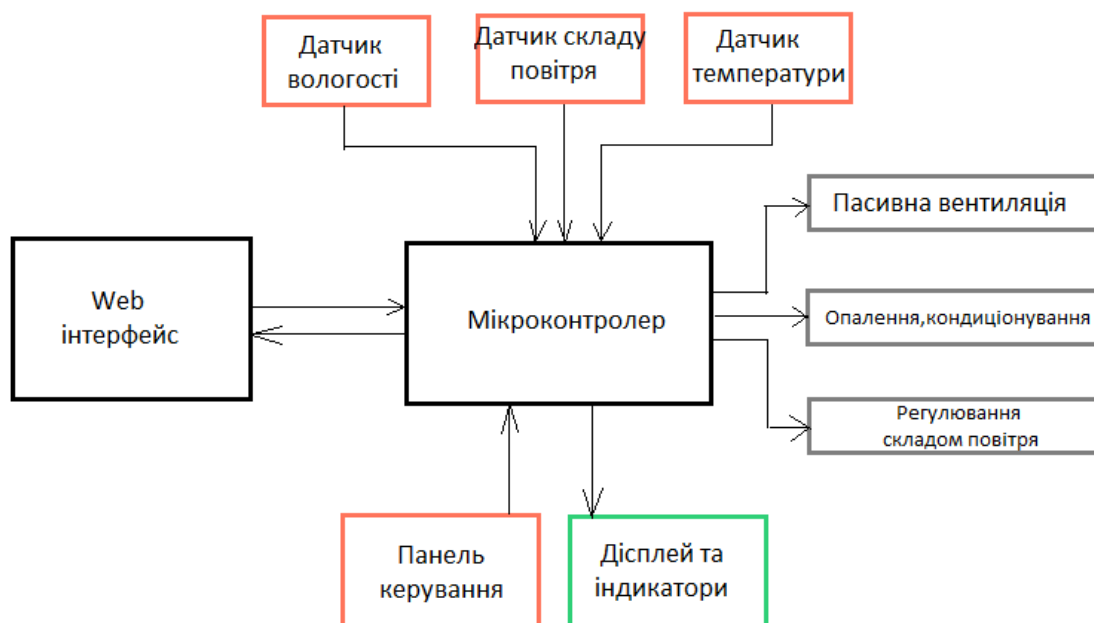


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованою системою контролю мікроклімату

Модуль керування, відповідно до рис. 7, складається з 10 блоків, які мають наступне призначення.

Мікропроцесорний блок – головний обчислювальний блок пристрою, який обробляє всю вхідну інформацію, здійснює вплив на інші структурні блоки пристрою, формує та відправляє на сервер пакети інформації.

WEB інтерфейс – засіб записувати поточний стан системи, на кожному етапі, на віддалений сервер.

LCD дисплей та індикатори – засоби виводу інформації. Проводить індикацію функціонального стану інших блоків пристрою.

Датчик температури – відслідковує поточну температуру та містить усю необхідну елементну базу для коректної роботи температурного датчика.

Датчик вологості – відслідковує поточний рівень вологості та передає інформацію про нього на мікропроцесорний блок.

Датчик рівня вуглекислого газу – відслідковує поточний рівень вуглецю в повітрі та передає його на мікропроцесорний блок.

Виконавчі блоки, до яких відносяться: пасивна вентиляція, кондиціонування, обігрів та система керування складом повітря – це система виконавчих пристроїв, що отримують керуючі сигнали від мікропроцесора та призначені для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату складського приміщення плодовоовочевого сховища.

Розроблена структурна схема приладу забезпечує виконання поставлених завдань в попередньому розділі в повному обсязі.

Висновки

1. Під час виконання даного розділу, було визначено вимоги до системи автоматичного керування мікрокліматом плодовоовочевого сховища. Перераховано параметри мікроклімату які необхідно вимірювати та мати змогу ними керувати відповідно до вимог зберігання конкретного сорту овочів чи фруктів.

2. Визначено перелік конкретних задач, які необхідно виконувати розроблювальній системі керування.

3. Визначивши вимоги до системи та перелік необхідного функціоналу для забезпечення роботи, було розроблено оптимальний алгоритм керування системою контролю мікроклімату, що дає можливість виконувати поставлені задачі в повному обсязі.

4. Розроблена структурна схема системи аналізу та керування мікрокліматом плодовоовочевого сховища. Це дало можливість в подальшому розробити функціональну схему даної системи.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		32

3. КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОГО СХОВИЩА

3.3. Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи

Технології удосконалюються з кожним днем. Для створення сучасної системи необхідно провести дослідження та порівняння існуючих мікроконтролерів.

Для реалізації системи контролю параметрів мікроклімату, а саме, для виконання задач, що були наведені в попередніх розділах, необхідно вибрати мікроконтролер, який буде виконувати роль обчислювального блоку системи та реалізувати необхідні параметри середовища, виконуючи усі необхідні функції з обробки вхідної інформації та керування системи.

Розглянемо деякі популярні мікроконтролерні платформи, представлені на ринку зараз, серед яких: Kinetis, Arduino, STM32.

Kinetis - це сімейство низько споживаючих 32-х бітних мікроконтролерів базуються на процесорних ядрах ARM Cortex-M0/M4/M7, без MMU, з частотою ядра до 240 МГц. Відсутність MMU означає, що Kinetis не призначені для операційних систем подібних Windows, QNX, Android, iOS. Мікроконтролери Kinetis створені для виконання коду систем часу в складі різноманітних вбудованих пристроїв, від серцевих імплантатів до керуючих контролерів електромобілів.

Фірма Freescale могла б перерахувати дуже багато сфер застосування. Основними являються наступні: індустріальні контролери, частотні перетворювачі з векторним без сенсорним керуванням, тиристорні регулятори, конвертери напруги, аналізатори електромереж, програмовані логічні контролери для систем управління ліфтами, підйомниками, конвеєрами і іншими механізмами з безліччю приводів.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		33

Arduino – це сімейство пристроїв на основі мікроконтролерів ATmega. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікро контролером: цифрові входи / виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), аналогові входи, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосистемного програмування (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

STM32 на даний час складається з 10 лінійок для застосувань за різними сценаріями - мікроконтролери з високою продуктивністю, недорогі мікроконтролери загального застосування, мікроконтролери з ультранизьким енергоспоживанням, мікроконтролери з вбудованим радіомодулем для бездротових рішень, і все це - на одному ядрі ARM Cortex-M3. Також присутній pin-to-pin і програмна сумісність всіх лінійок.

Для докладного порівняння та аналізу можливостей вибрано STM32 та Arduino Uno.

Порівнюючи характеристики даних мікроконтролерів ми отримуємо наступні результати:

Табл. 3.1. Порівняння характеристик

Характеристики	Arduino Uno	STM32
Частота мікроконтролера, МГц	24	16
Пам'ять, кБайт	16	32
Живлення, В	3.6	5
ОЗП, кБайт	4	2
USB		Так
DMA	Так	Ні
TWI	Так	Так
SPI	Так	Так
RTC	Так	Ні
UART	Так	Ні

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Arduino Uno використовує в якості мікропроцесору ATmega328. ATmega328 – це мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру наведено на рис. 3.1.

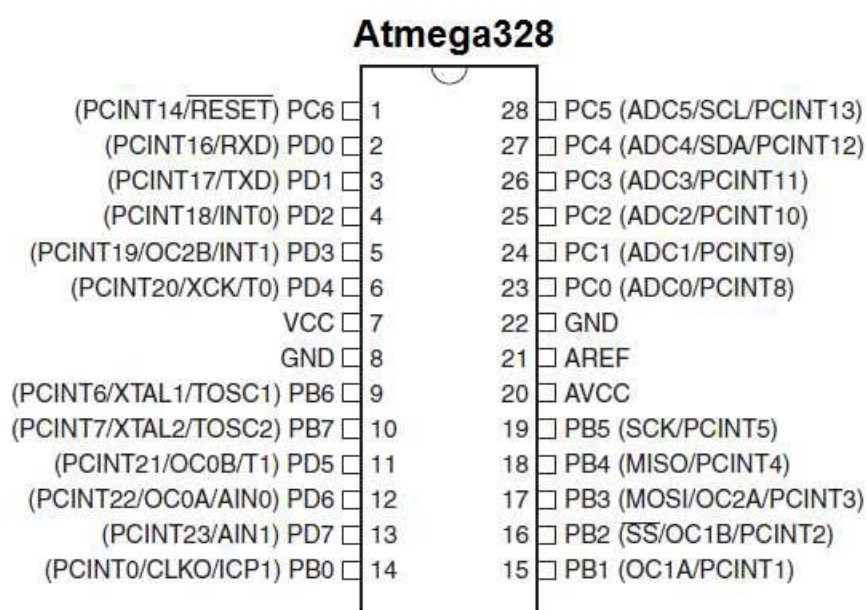


Рис. 3.1. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega328.

Для збільшення потужності та обчислювальної здатності можна об'єднати Arduino Uno використавши SPI інтерфейс. Або замість Arduino Uno побудованого на мікроконтролері ATmega328 використати Arduino Mega побудованого на мікроконтролері ATmega 2560.

ATmega2560 – це також мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі. Містить 256 кБайт флеш пам'яті, 8 кБайт ОЗУ, 4 кБайт постійної пам'яті.

Має наступні периферійні пристрої:

- два 8-ми бітних таймера/лічильника із модулями порівняння та дільниками частот;
- чотири 16-бітних таймера/лічильника із модулем порівняння та дільником частот;

- лічильник реального часу із окремим генератором;
- 15 каналів PWM;
- 16-ти канальний АЦП;
- інтерфейси зв'язку UART, SPI, I2C.

Максимальна частота роботи мікроконтролеру при живленні від 3.5 до 5.5 В дорівнює 16 МГц.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру наведено на рис. 3.2.

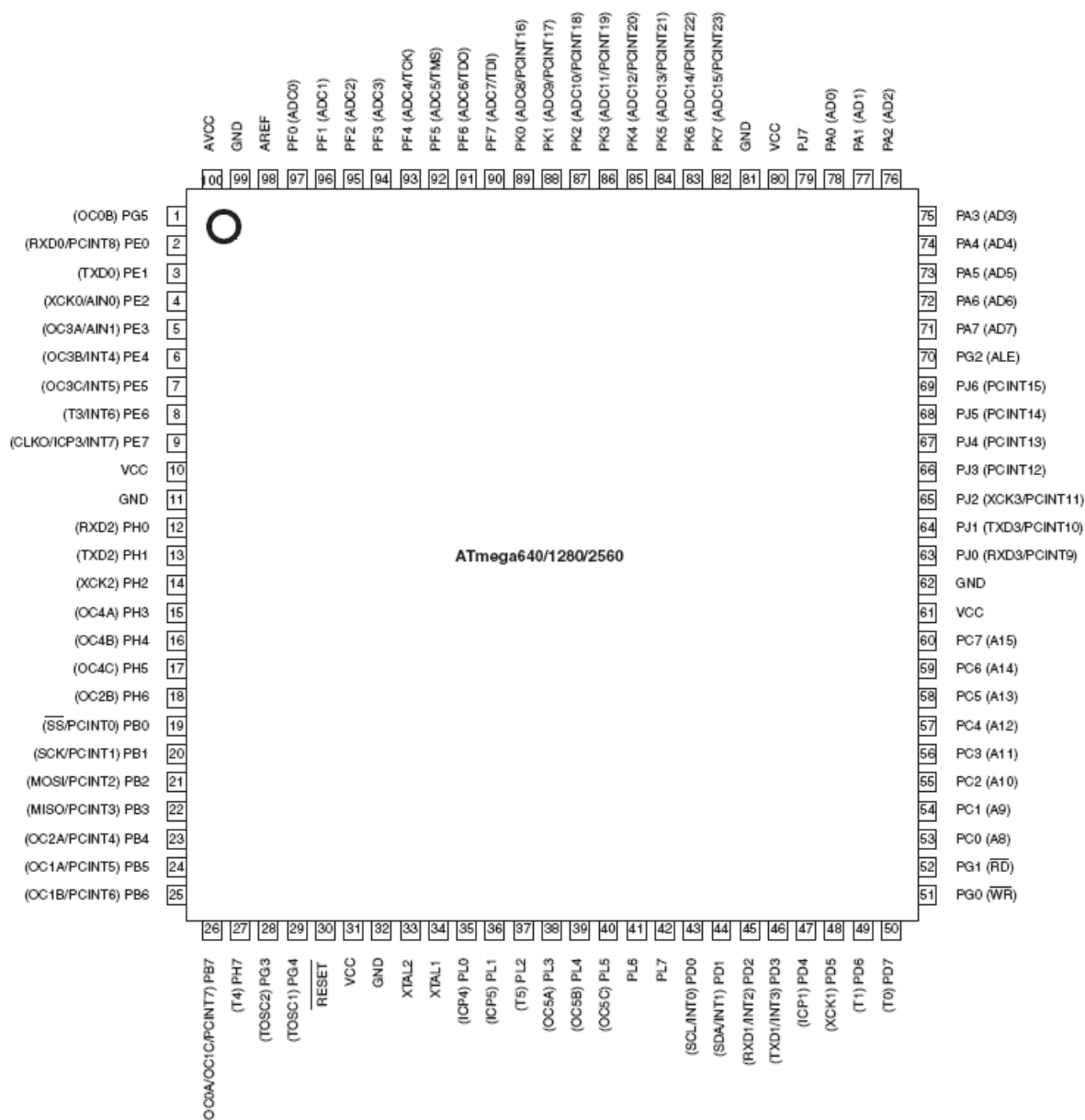


Рис 3.2. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega2560.

Продуктивність. STM працює на вищій частоті. Також має більшу оперативну та постійну пам'ять.

Поширеність використання також є важливим, тому що чим популярніша система, тим більше необхідних засобів розробки та підтримки можна відшукати в мережі Internet. Arduino має набагато більший список користувачів, має більшу кількість допоміжних бібліотек і самі бібліотеки якісніші.

STM має розвинену вбудовану периферію, а саме USB, DMA, CAN, RTC, UART. Arduino в свою чергу має надзвичайно багато додаткових пристроїв для розширення, що компенсують нестачу вбудованої периферії в порівнянні з STM.

Дослідження елементної бази показало, що оптимальним вибором для створення системи автоматичного регулювання мікроклімату складського приміщення плодоовочевої продукції є Arduino. Оскільки немає необхідності високої швидкодії тому, що параметри мікроклімату змінюється в часі повільно. Також є можливість підключення майже будь-яких засобів необхідних датчиків та керуючих пристроїв для збору інформації таких як: датчики температури, волості та датчики широкого спектру газів. Є можливість запису інформації та виконання відповідних дій на основі запрограмованих алгоритмів.

3.2. Розробка функціональної схеми пристрою контролю мікроклімату плодоовочевого сховища

Функціональною схемою системи автоматичного керування називається схема на якій міститься зображення функціональних елементів системи та зв'язки між ними. Функціональна схема та опис до неї дає повне уявлення про функціонування системи в цілому та завдання кожного блоку. Функціональні блоки на схемі позначаються у вигляді прямокутників, з вписаними в середині їх назвами. Зв'язки між елементами показують лініями, шини в яких пристрої об'єднуються один з одним товстими лініями, а їх напрямок зв'язку стрілками.

Функціональна схема системи автоматичного керування з використанням

— Arduino UNO показана на Рис.10.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.6.050802.051.005 ПЗ

Апк

37

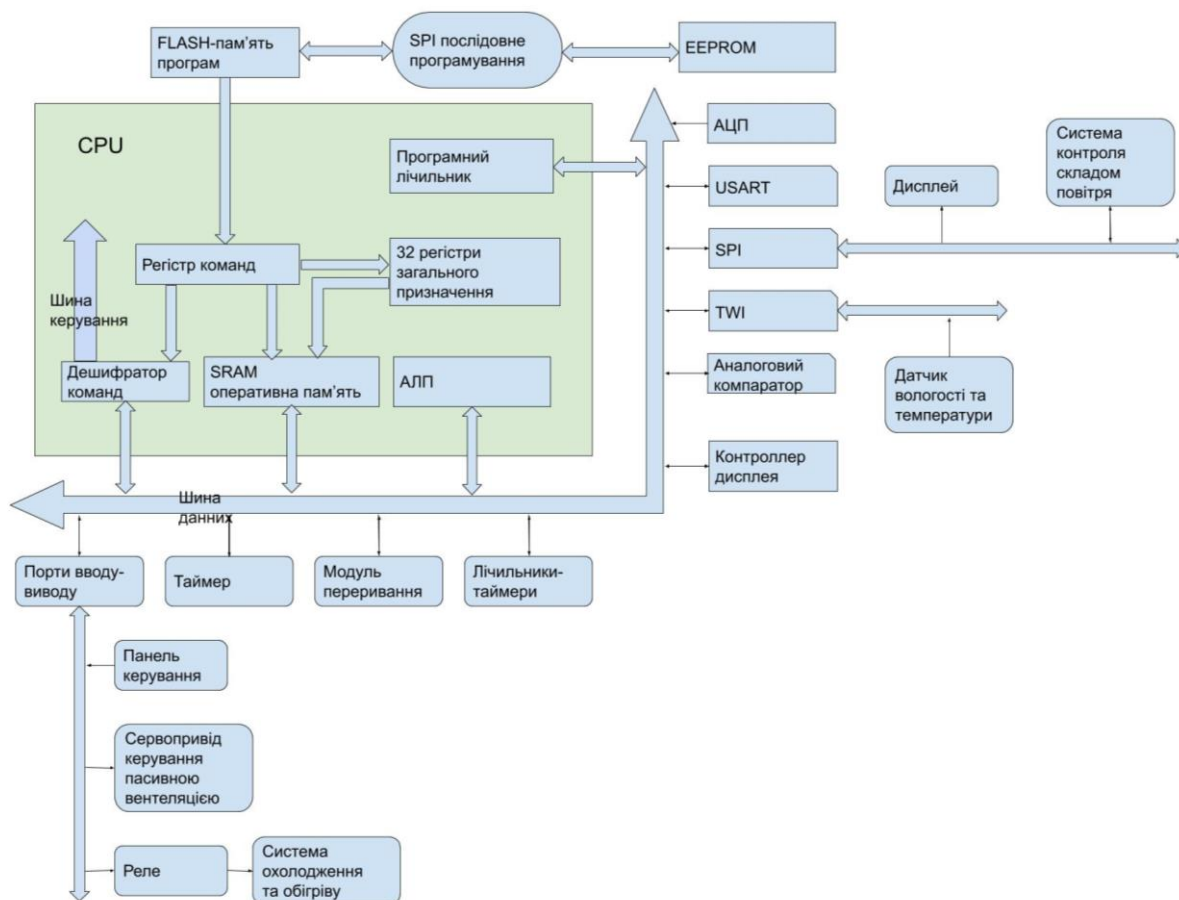


Рис. 3.3. Функціональна схема системи автоматичного контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища.

Відповідно до документації для Arduino Uno шина даних – 32 біти, а шина адресу 24 біти.

Використовуючи інтерфейси SPI та I2C(TWI) пристрій має змогу обмінюватись інформацією в двонаправленому режимі.

Послідовний протокол обміну даними I2C (також називають ІС - Inter-Integrated Circuits, міжмікросхемне з'єднання) застосовує за для передачі даних між пристроями дві лінії зв'язку, що працюють в двох напрямках, які мають назву шина послідовних даних SDA (Serial Data) та тактуюча шина SCL (Serial Clock). Також є дві лінії для живлення. Шини SDA і SCL підключаються до шини живлення через резистори. У мережі є один керуючий пристрій (Master), який ініціалізує передачу даних і створює сигнали синхронізації для всіх підключених

пристроїв. У мережі підключені також керовані пристрої (Slave), які передають дані по запиту

керуючого. У кожного керованого пристрою є унікальна адреса, за якою керуючий звертається до нього. Адреса пристрою вказується в документації. До однієї шини I2C може бути підключено до 127 пристроїв, в тому числі кілька керуючих.

SPI (Serial Peripheral Interface) є послідовним дуплексним синхронним протоколом обміну даними з периферійними пристроями на відстані до 5 метрів і швидкістю передачі до 10 Мбіт/с. Для передачі даних по лінії SPI потрібна наявність сигналу синхронізації SCLK. Протокол SPI утворений за принципом Master - Slave. Сигнал SCLK генерує тільки Master.

На рис. 3.4 показано підключення одного пристрою до шини SPI. Для того, щоб пристрій отримував і передавав дані необхідно, щоб лінія (дозвіл передачі даних) була переведена в стан логічного нуля. В іншому випадку пристрій неактивний. Передача даних по лінії MOSI (Master Output - Slave Input) відбувається синхронно з сигналом SCLK. Прийом даних здійснюється по лінії MISO (Master Input - Slave Output) синхронно з сигналом SCLK по передньому або задньому фронту (в залежності від режиму роботи).

SPI використовує чотири лінії для обміну інформацією: тактовий сигнал від керуючого пристрою Serial Clock, лінія вибору керованого пристрою Slave Select, передача даних від керуючого пристрою до керованого пристрою використовується MISO, лінія даних від керуючого пристрою до керованого використовується MOSI.

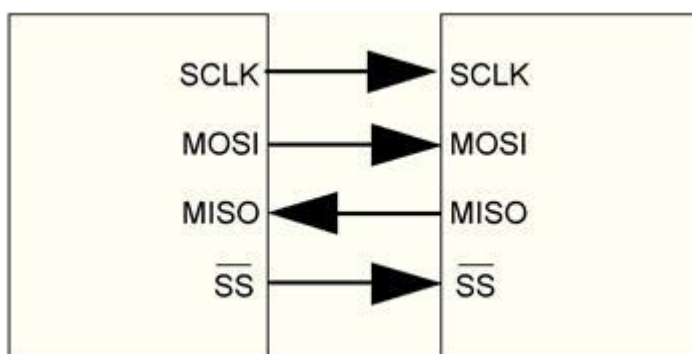
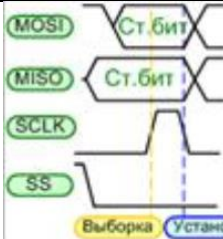
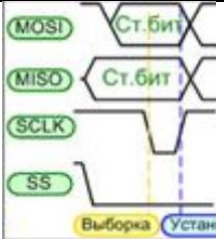
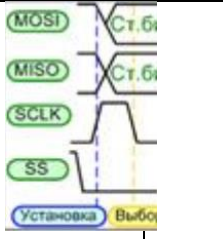
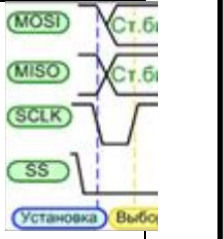


Рис. 3.4. Підключення одного пристрою до шини SPI.

CPHA - фаза синхронізації; від цього параметра залежить, в якій послідовності виконується установка та зчитування даних (якщо CPHA = 0, то по передньому

фронту в циклі синхронізації буде виконуватися читання даних, а потім, по задньому фронту - установка даних; якщо ж CPHA = 1, то установка даних буде виконуватися по передньому фронту в циклі синхронізації, а зчитування - по задньому). Інформація по режимам SPI узагальнена в табл. 3.2.

Табл. 3.2. Режими роботи інтерфейсу SPI.

Режим SPI	0	1	2	3
CPOL	0	1	0	1
CPHA	0	0	1	1
Часова діаграма першого циклу синхронізації				

Для передачі або прийому одного байта даних по інтерфейсу SPI необхідно передати два байти: перший - службовий, який визначає напрямок передачі і адреса регістра пристрою; другий - інформаційний.

Пристроєм, котрим немає необхідності в використанні цифрових інтерфейсів, використовуються піни вводу/виводу цифрових сигналів.

Flash пам'ять програм - пам'ять об'ємом 32 кБ. Основне сховище для команд. Під час завантаження програми, контролер завантажує програму виконання в дану пам'ять. 2кб з даного пулу пам'яті відводиться на bootloader- програму, яка виконує ініціалізацією системи, завантаження через USB і запуску виконуючої програми.

SRAM - енерго-залежна пам'ять об'ємом 2 кБ. Зберігаються змінні і об'єкти,

створенні в ході роботи програми.

БР.6.050802.051.005 ПЗ

Анк

40

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

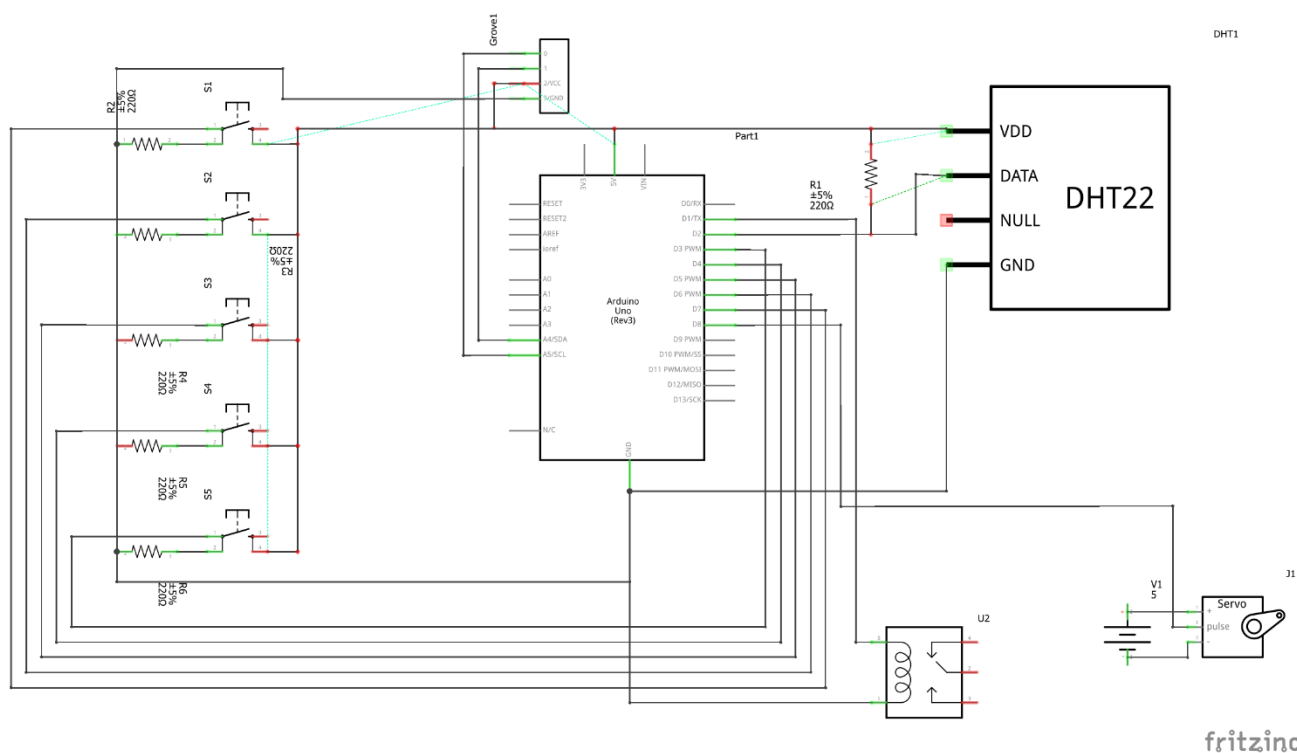
EEPROM - енерго-незалежна пам'ять обсягом 1кб. В ній зберігаються дані, що не видаляються при виключенні контролера. Обмеження циклів перезапису, властивих технології EEPROM. Гарантований життєвий цикл 100 000 операцій запису/стирання.

Регістр команд - регістр керуючого пристрою мікроконтролера, призначений для зберігання коду команди на період часу, необхідний для її виконання(32 8-бітових регістра загального призначення).

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) - блок процесора, який під керуванням пристрою керування служить для виконання арифметичних і логічних перетворень.

3.3. Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища.

Принципова електрична схема – це проектний документ, що визначає повний склад електричних елементів, зав'язків між ними та дає повне уявлення про принцип роботи системи. Принципова електрична схема контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища наведена на рис. 3.5.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.6.050802.051.005 ПЗ

Арк
41

Рис. 3.5. Принципова електрична схема контролю мікроклімату плодовоовочевого сховища.

Схеми підключення кнопки показана на рис. 3.6.

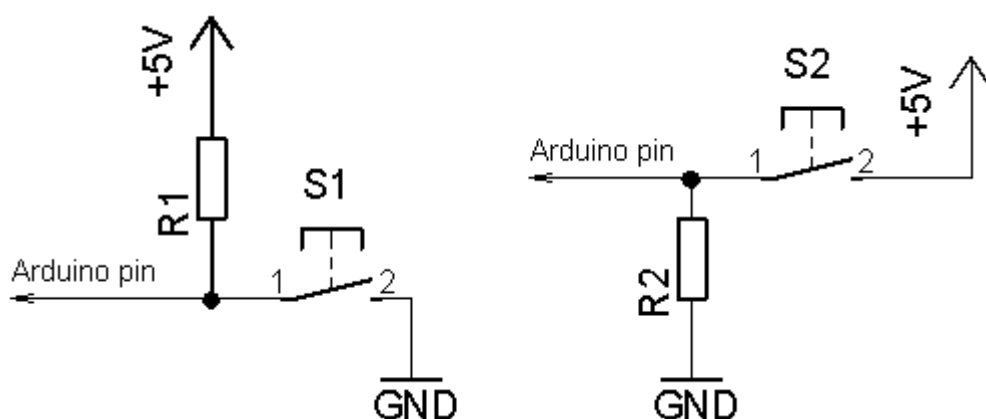


Рис. 3.6. Схеми підключення кнопки.

Логіка роботи даного включення кнопки в чотирьох контактному виконанні наступна. Коли тактова кнопка *S* не натиснута, вихід 2 підключений тільки до землі через резистор *R* і на цей вихід передається нульовий потенціал. При натисканні кнопки *S* з'являється контакт між входом 2 і живленням 5В, і на цифровий контакт вводу та виводу інформації починає протікати струм живлення мікроконтролера. Резистор *R* називається підтягуючим і зазвичай обирається номіналом 10 кОм. Якщо вхід залишити непідключеним, то на вході буде зчитуватися високий або низький потенціали випадковим чином. Саме тому використовується підтягуючий резистор, щоб задати відповідне значення при не нажатій кнопці.

Реле в даній схемі використовується для керування системою обігріву та охолодження. Використовується реле для можливості керувати механічними пристроями для яких немає можливості керувати керуючими сигналами.

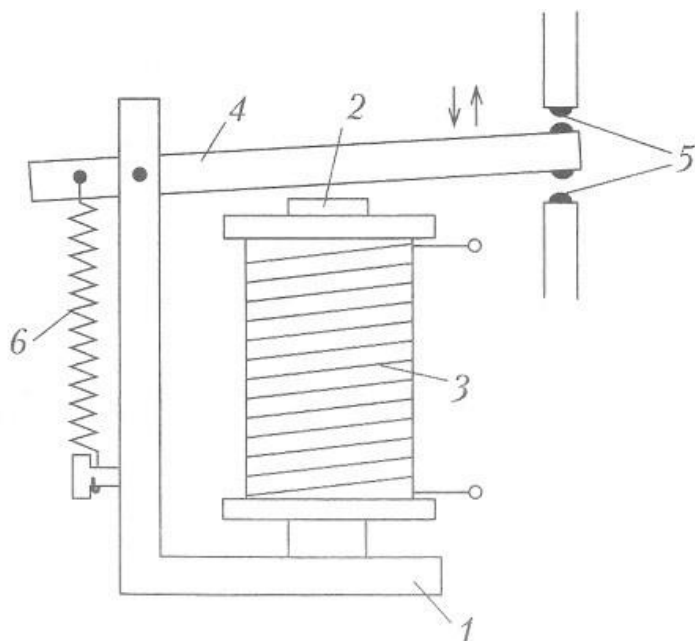


Рис. 3.7. Спрощена конструкція реле.

Реле зазвичай складається з трьох основних компонентів: чутливого, проміжного і виконавчого компонентів.

Чутливий елемент реагує на вхідний сигнал та конвертує його в фізичну величину, що необхідна для роботи реле. Прикладом чутливого елемента є котушка реле.

Проміжний елемент порівнює конвертовану величину з еталоном станом. Досягнувши заданого значення передає сигнал до виконавчого пристрою. Проміжними частинами реле є протидіючі пружини і заспокоювачі. Заспокоювачі використовуються в реле для зниження коливань рухомих частин, а в реле часу - для отримання заданого часу затримки.

Виконавчий частина пристрою впливає на керований ланцюг. Виконавчими складовими контактних реле є контакти.

Принцип роботи реле полягає в наступних діях: при включенні чутливого елемента (котушки) якір реле притягується до котушки, а з'єднаний з ним контакт з металевими з'єднаннями замикає або розмикає відповідні контакти.

Схема керуючого електричного кола реле приведено на рис. 3.8.

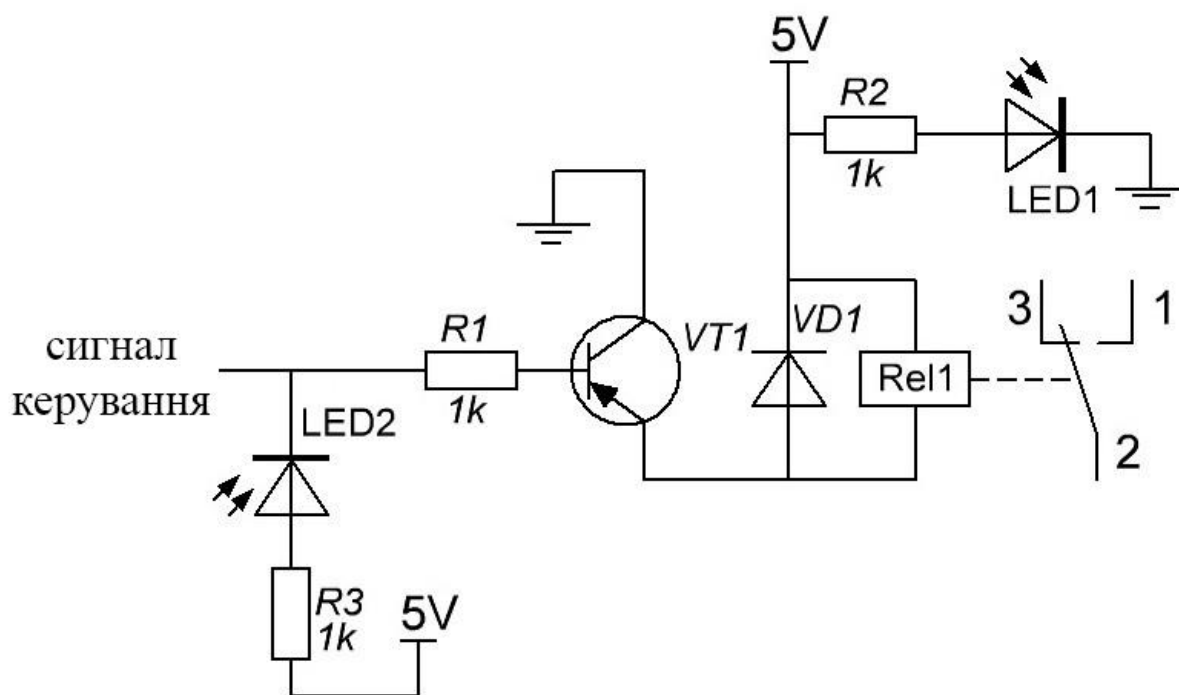


Рис. 3.8. Схема керуючого електричного кола.

У якості модулю виведення інформації використаємо OLED I2C дисплей на контролері SSD1306. Зовнішній вигляд даного дисплею наведено. Графічний дисплей, побудований на технології OLED, завдяки чому зображення має високий рівень контрасту і великі кути огляду. Технічні характеристики даного дисплею наведені в таблиці 3.3.

Табл. 3.3. Технічні характеристики дисплею OLED I2C SSD1306

Тип дисплею	OLED
Контролер	SSD1306
Роздільна здатність	128x64
Діагональ дисплею	0.96"
Інтерфейс підключення	I2C
Робоча напруга, В	3.3 – 5
Розміри, мм	27x27

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

БР.6.050802.051.005 ПЗ

Арк

44

За необхідністю є можливість підключити другий дисплей для збільшення виведеної інформації. Інтерфейс підключення I2C дає змогу виконати такі дії.

Також для покращення моніторингу стану системи, передбачено світлодіодні індикатори. А саме використовуються адресна світлодіодна смуга. Адресна світлодіодна смуга являє собою стрічку з адресних діодів, один такий світлодіод складається з RGB світлодіоду та ШІМ-драйвера, що знаходиться в середині кожного світлодіоду. Використанням чіпи WS2811- це інтегральна мікросхема в корпусі DIP-8 (9,2х6,4 мм) або SOP-8 (5,1х4,0 мм). Даний 3-канальний драйвер має наступну конфігурацію виводів: 1 - ШІМ-регульований вихід (червоний); 2 - ШІМ-регульований вихід (зелений); 3 - ШІМ-регульований вихід (синій); 4 - загальний; 5 - вихід передачі даних; 6 - вхід передачі даних; 7 - вибір режиму роботи; 8 - харчування +5 В.

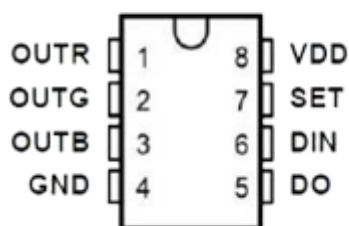


Рис. 3.9.[9] Призначення контактів ШІМ-драйвера WS2811.

3.4. Розробка друкованої плати пристрою контролю та керування мікрокліматом плодоовочевого сховища.

Друкована плата (ДП) - це пластина, що складається із плоского ізоляційного діелектрика з отворами, пазами, вирізами та системи металевих провідників (доріжок), які використовуються для встановлення та комутації радіоелементів та функціональних вузлів. Друкована плата робиться на основі електричної принципової схеми.

Згідно ДСТУ 2646-94 існує 3 типи друкованих плат: односторонні (ОДП), двосторонні (ДДП), багатошарові (БДП). Вони можуть бути виконані на гнучкій (гнучка друкована плата, ГДК) чи жорсткій основі. Для виконання вибору

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		45

розглянемо переваги та недоліки кожного типу плат та основні області їх застосування.

ОДП характеризуються

- забезпечує підвищену точності виконання рисунку провідників на текстоліті;
- можливістю установки навісних елементів на поверхню плати з боку, протилежній стороні пайки, без додаткової ізоляції елементів;
- присутня можливість використання перемичок без ізоляції;
- зниження вартості виготовленої конструкції приладу.

Недоліками ОДП називають такі можливості як

- низьку щільність розташування електронних компонентів, зазвичай не перевищує 1,5 ел/см³;
- знижену теплову та механічну стійкість контактних майданчиків.

Перевагою ОДП та причиною чому використовують цю технологію є її низька вартість та простота виготовлення. Можливе застосування тільки для нескладних схем де немає необхідності високої точності виготовлення.

ДПП технологія виконується з металізованими отворами та характеризується високими комутаційними властивостями, високою міцністю, в порівнянні з іншими, виведення навісного ЕРЕ. До недоліків ДПП відносять такі характеристики як: є більш висока вартість виготовлення порівнюючи з ОПП. ДПП технологія використовується для схем підвищеної складності з збільшеними вимогами до виготовлення.

Технологія виготовлення ДДП забезпечує високу щільність монтажу електронних елементів і гарну механічну міцність кріплення, ефективно використання поверхні друкованої плати. Недоліками є найбільша вартість із перерахованих технологій та найбільша складність виготовлення. Використовуються в вимірювальній техніці, системах керування, автоматичного регулювання та електронних пристроях в котрих необхідна мініатюрність виконання.

БДП у порівнянні з ОДП і ДДП характеризуються підвищеною щільністю

монтажу, стійкістю до механічних і кліматичних впливів, зменшеними розмірами

монтажу, стійкістю до механічних і кліматичних впливів, зменшеними розмірами					Дпк
БР.6.050802.051.005 ПЗ					46
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	

БР.6.050802.051.005 ПЗ

та кількістю контактів. Недоліками є висока трудомісткість виготовлення, складність отримання високої точності друкованого рисунку та суміщення шарів, низька ремонтпридатність. Для реалізації друкованого вузла пристрою, що розробляється, доцільно використовувати ДДП, оскільки вона дасть можливість забезпечити малі розміри друкованого вузла при невеликій вартості виготовлення. ОДП збільшить результуючі габаритні розміри друкованого вузла. Використання БДП не є раціональним, оскільки нема потреби в великій кількості друкованих провідників.

Для створення пристрою, принципова схема якого наведена в додатку, створимо друковані плати, які забезпечать необхідне електричне з'єднання компонентів та дозволять створити стабільні умови для функціонування окремих модулів.

ГОСТ 23751-86 передбачає п'ять класів точності (табл. 4.2). Виходячи з наведених в таблиці 4.3 геометричних розмірів та параметрів виводів мікросхем, необхідно виготовляти плату четвертого класу точності, оскільки для правильного розміщення всіх мікросхем та інших елементів необхідним є крок координатної сітки 0,2 мм.

Табл. 3.4. Класи точності друкованих плат

Опис	Умовне позначення	Номінальні значення основних розмірів для класу точності				
		1	2	3	4	5
Ширина друкованого провідника	t , мм	0,75	0,45	0,25	0,1 5	0,1
Відстань між краями сусідніх елементів	S , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Гарантований пояс	b , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
Відношення мінімального діаметру металізованого	γ	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2
Змн.						ДПК
Арк.						
№ докум.						
Підпис						
Дата						
БР.6.050802.051.005 ПЗ						47

отвору до товщини ДП						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Табл. 3.5. Розміри виводів конструктивних елементів

KE	Ширина виводу, мм	Відстань між центрами двох сусідніх виводів, мм	Відстань між двома сусідніми виводами, мм
Резистор SMD	1,20	—	—
Конденсатор SMD	3,2	—	—
ATMega16	0,56	2,54	1,98
LM7805	1,22	2,29	1,07
LM317, LM7805	1,22	4,6	2,14

Для створення друкованої плати пристрою контролю системи вентиляції наведемо основні габаритні розміри елементів, що використовуються.

Габаритні розміри друкованої плати Arduino Uno наведені на рис. 3.10.

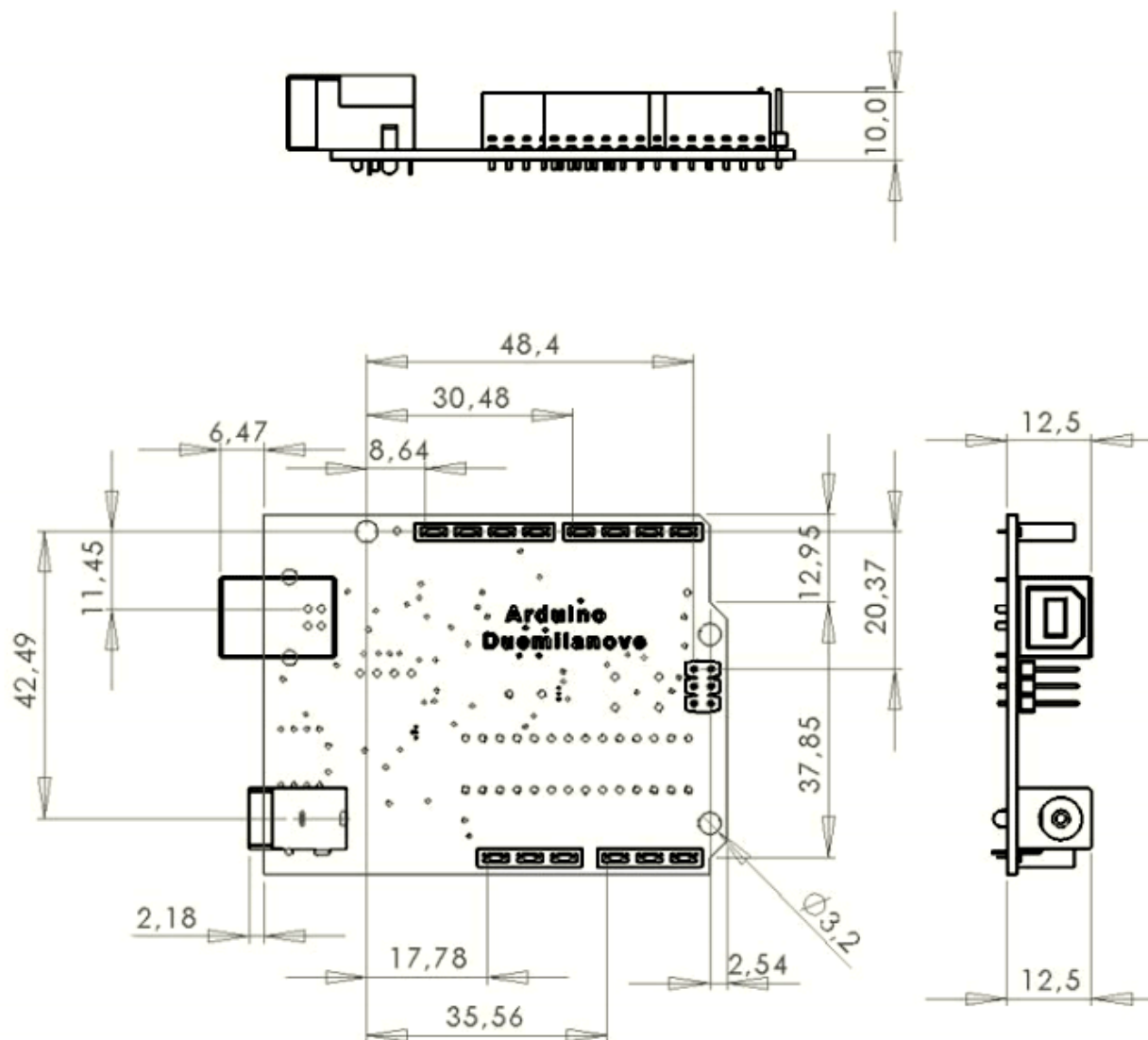


Рис. 3.10. Габаритні розміри друкованої плати Arduino Uno. [10]

Відстань між контактами відповідає стандарту 2.54 мм, однак відстань між 7 і 8 контактами становить 4 мм. Відповідно до габаритних розмірів та кроку розміщення контактів необхідно виконати розробку друкованої плати.

Для індикації стану використовуються адресні світлодіоди. Рисунок конструкції та габаритні розміри показані на рис. 3.11.

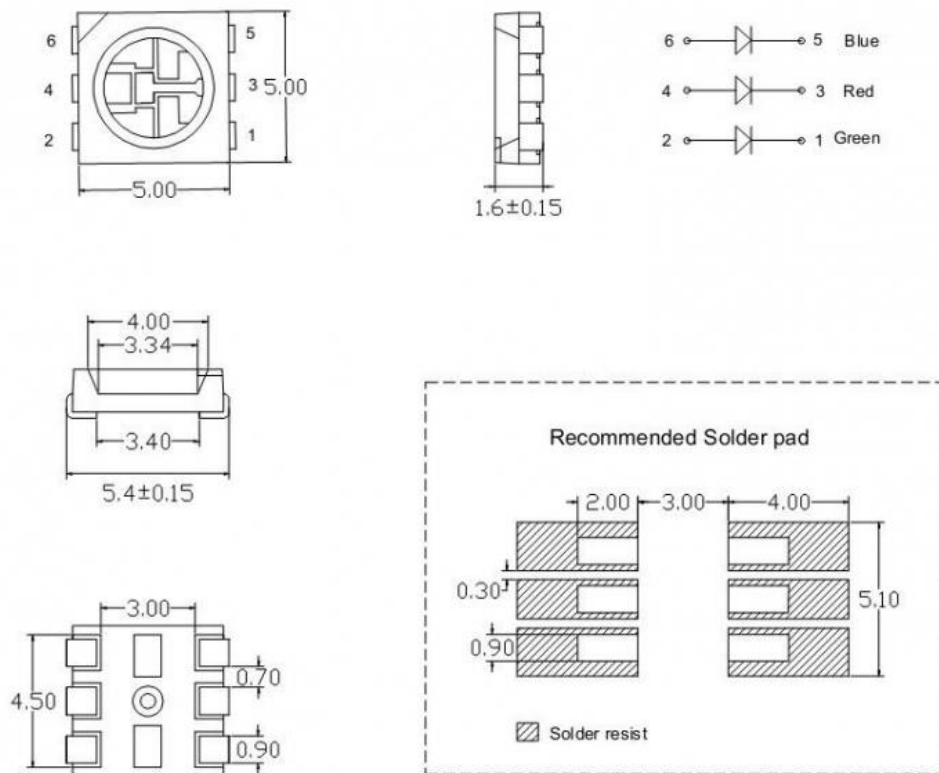


Рис. 3.11. Геометричні параметри індексного світлодіоду.

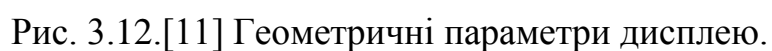
Світлодіод являється SMD компонентом, призначеним для поверхневого монтажу. SMD (Surface Mount Device) - це компонент або пристрій, що монтується на поверхню.

Переваги поверхневого монтажу електронних компонентів:

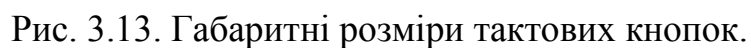
- зникає потреба в свердлінні отворів під виводи компонентів;
- є можливість монтажу електронних компонентів з двох сторін друкованої плати;
- висока щільність монтажу і як наслідок, економія матеріалів і зменшення габаритів готових виробів;
- SMD-компоненти дешевше звичайних, мають менші габарити і вагу;
- Можливість більш глибокої автоматизації виробництва, в порівнянні з технологією монтажу компонентів в отвори.

Для зручного налаштування оператором параметрів мікроклімату складського приміщення передбачено графічний OLED дисплей. Габаритні параметри наведені на рис. 3.12.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		50

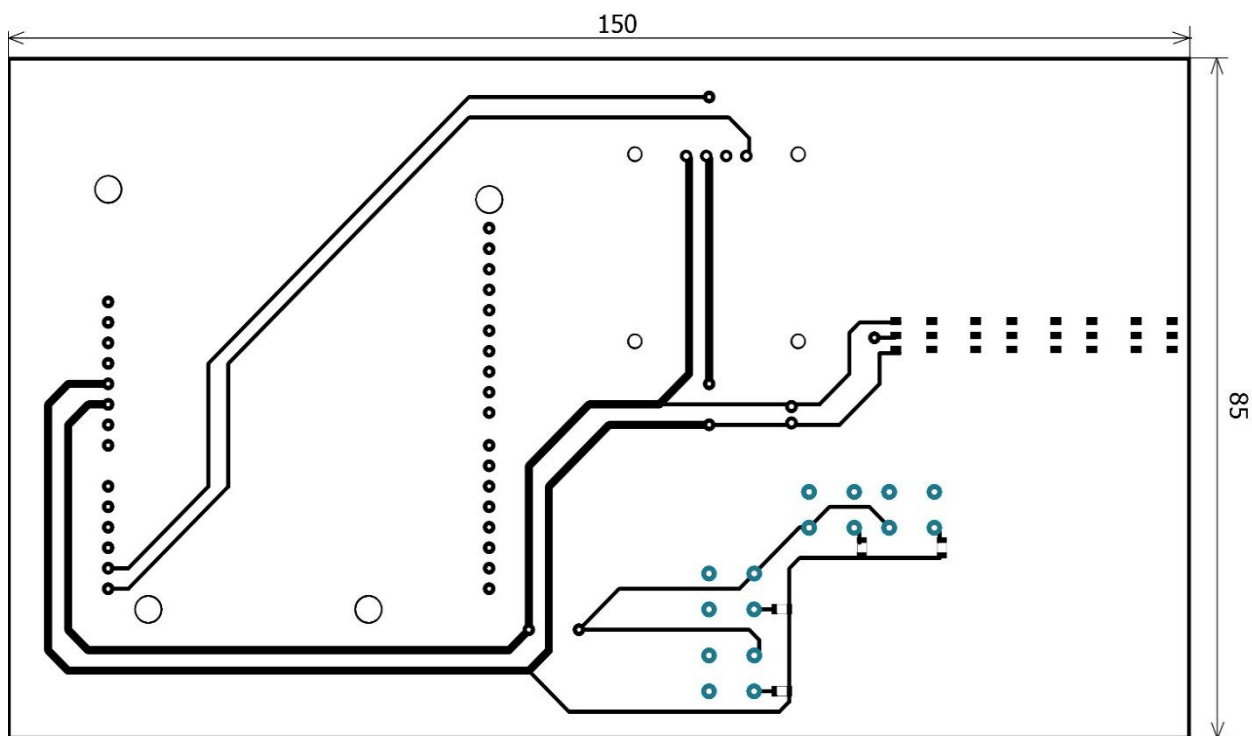


Габарити стандартних тактових кнопок, які будуть використовуватися для монтажу на друкованій платі, наведені на рис. 3.13.

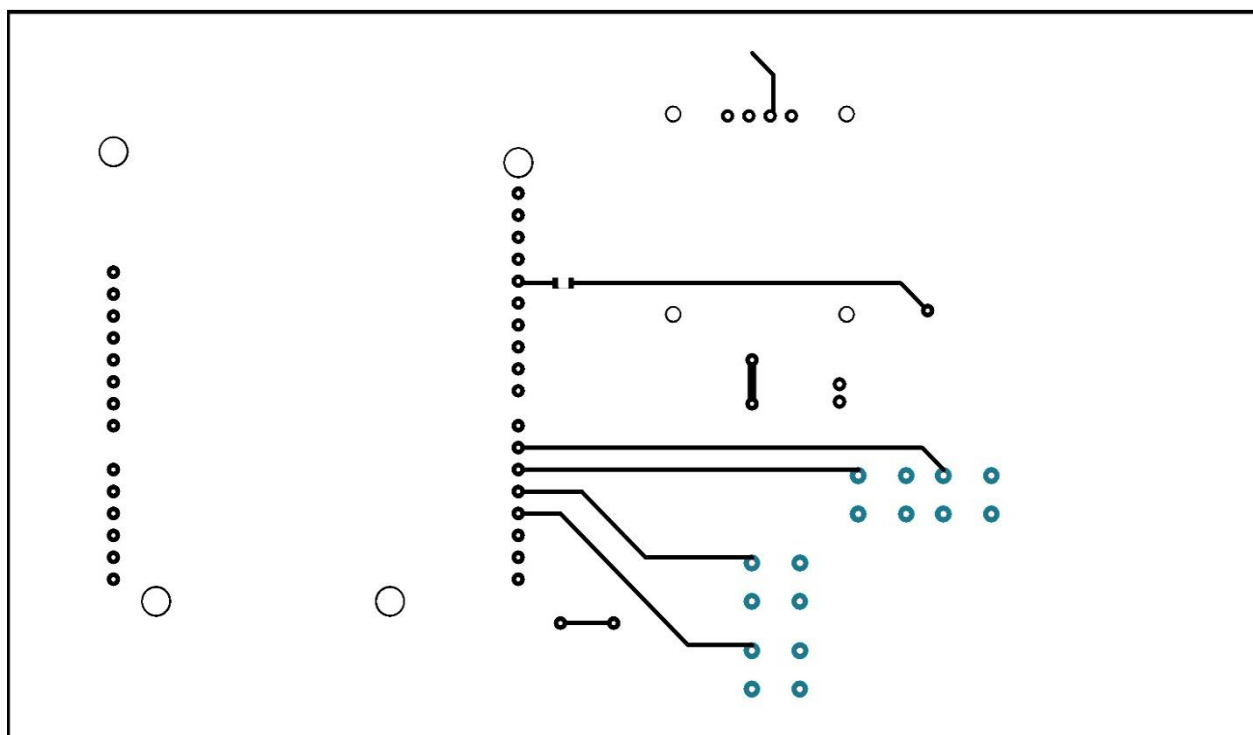


Враховуючи вище наведені габаритні розміри та особливості монтажу, була розроблена друкована плата зображена. Друкована плата наведена на рис. 3.14(а, б).

					<p style="text-align: center;"><i>БР.6.050802.051.005 ПЗ</i></p>	Анк
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 3.14. Друкованої плата (а – верхній шар, б – нижній шар).

Елементи друкованої плати необхідно розміщувати на платі так, як зображено на складальному кресленні на рис. 3.15. відповідно до специфікації принципової схеми.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		52

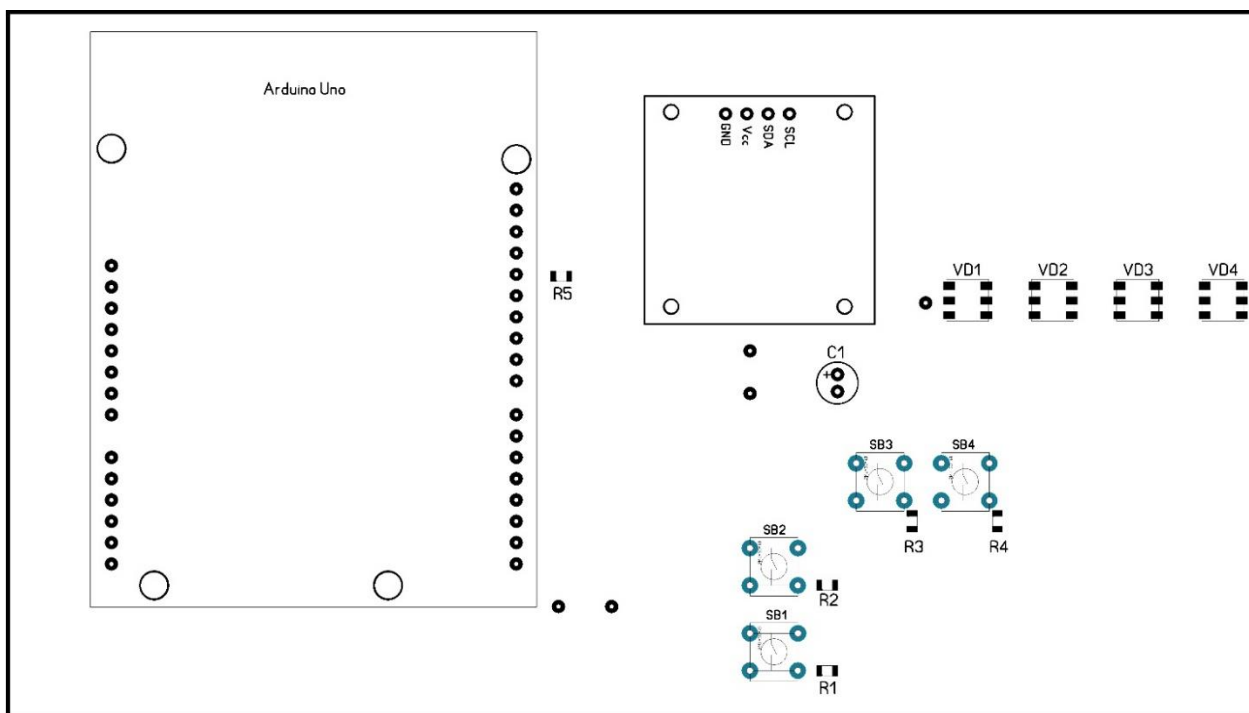


Рис. 3.15 Складальне креслення.

Висновки

1. Було розроблено структурну схему системи керування мікрокліматом плодовоовочевих сховищ. Це дало можливість якісно підійти до питання вибору обчислювального пристрою та створення електричної принципової схеми приладу.
2. На основі поставлених вимог до системи в попередньому розділі було проаналізовано елементу базу, що використовуватиметься в системі контролю мікроклімату складського приміщення.
3. Розроблена структурна схема блоку управління мікрокліматом та зв'язок з модулем моніторингу. Завдяки чому розробляється електрична принципова схема.
4. Розроблена електрична принципова схема блоку управління системою. На основі електричної принципової схеми було розроблено конструкторські схеми, а саме: друковану плату та складальне креслення.

4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕННОГО ПРИБОРУ.

Для створення презентаційного прототипу було прийнято рішення замінити функціональні вузли більш простішими компонентами за для зменшення ціни прототипу. Та змоги виконати експериментальну установку з меншими затратами.

Для створення експериментального прототипу використовується макетна плата рис. 4.1. Макетна плата - багатоцільова плата призначена для складання та моделювання тестових пристроїв, прототипів та презентаційних електронних пристроїв. Існує два типи макетних плат: для монтажу за допомогою пайки і без пайки. В нашому випадку використовується макетна плата без пайки. Замість пайки використовуються провідники-конектори.

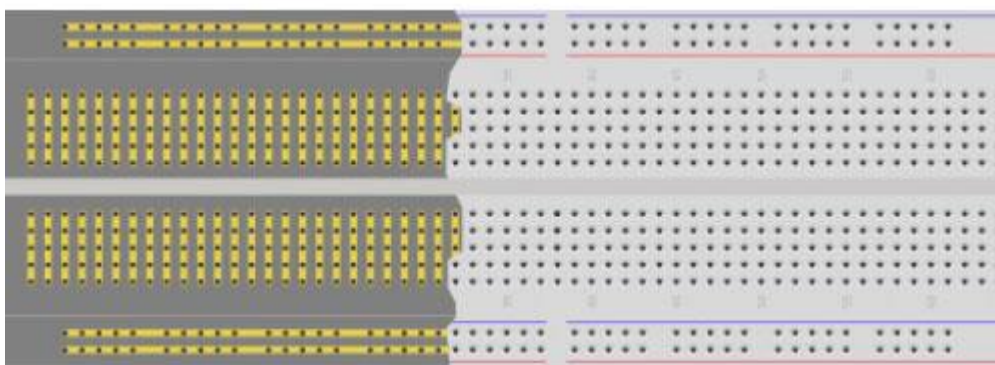


Рис. 4.1. Макетна плата та її структура.

Є декілька причин використання макетних плат при створенні прототипів електронних пристроїв:

- плату необхідно конструювати і виготовляти, а при помилці в схемі, необхідно, переробляти;
- для створення єдиного примірника макетного пристрої часто друковану плату робити невигідно;
- Якщо схеми на аналогових елементах і мікросхемах низького ступеня інтеграції є можливість робити навісним монтажем, мікропроцесорні пристрої виконувати таким чином складно.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Апк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		54

Датчик температури та вологості замінено з DHT22 на DHT11.
Характеристики датчика DHT11 приведені в таблиці 4.1.

Табл. 4.1. Параметри датчика температури та вологості DHT11.

Тип параметру	Значення
Напруга живлення, В	3 - 5
Відносна вологість, %	20 – 90
Температура, °С	0 – 50
Частота опитування, Гц	< 1

Корпус та контакти повністю відповідають датчику DHT22.

Типова схема підключення датчика DHT11 приведена на рис. 4.2.

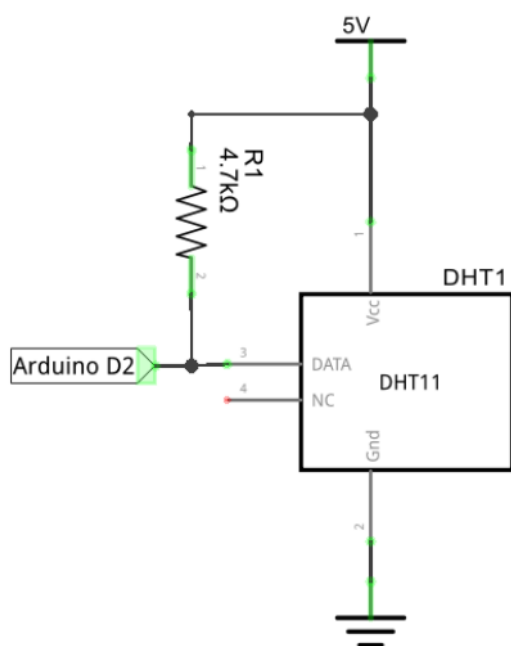


Рис. 4.2. Схема підключення датчика температури та вологості DHT11.

ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз існуючих систем керування мікрокліматом складських приміщень було визначено недоліки та переваги існуючих систем. Проаналізовані необхідні умови для якісного збереження плодоовочевої сировини протягом всього строку. На основі наданої інформації визначені задачі які необхідно виконати для створення необхідних умов для якісного зберігання плодоовочевої сировини в складському приміщенні.
2. Оскільки для створення даної системи необхідна модульність, широкий вибір пристроїв для розширення можливостей та якість бібліотек для використання пристроїв розширення було вирішено використати для розробки Arduino, як обчислювальний пристрій.
3. Для сканування мікроклімату складського приміщення плодоовочевого сховища було використано чіп DHT22 який об'єднує в собі датчики вологості та температури з розширеним діапазоном вимірювання відносної вологості повітря(до 100%). Використаний модуль TGS4161 датчика рівня вуглекислого газу в повітрі. Обрана елементна база блоку моніторингу системи керування мікроклімату складського приміщення має наступні параметри:
 - діапазон вимірювання температури: -40 ... 80 °C;
 - похибка вимірювання температури: 0.5%;
 - діапазон вимірювання вологості: 0 ... 100%;
 - похибка вимірювання вологості: 2%;
 - діапазон вимірювання вуглекислого газу в повітрі 350 ... 10000 ppm.
4. В пристрій запрограмовано режими для зберігання різних типів плодоовочевої сировини з оптимальними параметрами мікроклімату для вибраного типу. Це рішення дало можливість зменшити людський фактор похибки в керуванні та налаштуванні системи.

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		56

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Н. Богословский «Внутренние санитарно-технические устройства», ч. 1. Отопление/ Под ред. Староверова. М.: Стройиздат, 1990
2. <https://sitmag.ru/article/9977-mikroklimat-pomeshcheniy>
3. <http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-avtomatizaciya-selskohozyaystvennyh-agregatov-59.html>
4. http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable_storage/storage_temperature.html
5. http://www.infrost.com.ua/articles/vegetable_storage/controlled_atmosphere.html
6. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/238-trubchatye-jelektricheskie-nagrevateli.html>
7. <http://www.tenprom.com.ua/vidy-tenov/orebrennye-teny-dlya-nagreva-vozdukha-tenr.html>
8. <https://core-electronics.com.au/dht22-temperature-and-relative-humidity-sensor-module.html>
9. <https://ledjournal.info/spravochnik/adresnaja-svetodiodnaja-lenta.html>
10. <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno>
11. <http://cxem.net/arduino/arduino227.php>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

Зона	Поз.	Позначення			Найменування		Кіл.	Прим.	
					Деталі				
	1	ДП.171.061.009.01 Е4			Друкована плата		1		
					Конденсатори				
	2				Конденсатор Hitano 5.6 пФ		1	C1	
	3				Конденсатор Hitano 10 пФ		3	C2-C4	
	4				Конденсатор Hitano 2.2 мкФ		1	C5	
	5				Конденсатор Hitano 5.6 мкФ		3	C6-C8	
	6				Конденсатор Hitano 2.2 мкФ		1	C9	
	7				Конденсатор Hitano 4.7 мкФ		1	C10	
	8				Конденсатор Hitano 0.1 мкФ		1	C11	
	9				Конденсатор Hitano 0.01мкФ		1	C12	
	10				Конденсатор Hitano 10 мкФ		1	C13	
	11				Конденсатор Hitano 0.1 мкФ		2	C14, C15	
	12				Конденсатор Hitano 2200 пФ		1	C16	
					Резистори				
	13				100 Ом 5% 0805		1	R1	
	14				12 кОм 5% 0805		1	R2	
	15				200 Ом 5% 0805		1	R3	
	16				100 Ом 5% 0805		1	R4	
					БР.6.050802.051.005.01 СП				
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Гайсін А.Ф.			Система автоматичного регулювання параметрів мукроклімату складських приміщень		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Терлецький О.В						1	3
							«КПІ ім. І.Сікорського»,		
Н.контр		Чадюк В.О.							

Затверд.		Писаренко Л.Д.				Специфікація		ФЕЛ, ЕПП, гр. ДЕ-51	
Зона	Поз.	Позначення				Найменування		Кіл.	Прим.
	17					470 Ом 5% 0805		1	R5
	18					100 Ом 5% 0805		1	R6
	19					12 кОм 5% 0805		1	R7
	20					10 кОм 5% 0805		1	R8
	21					100 Ом 5% 0805		2	R9, R10
	22					3.3 МОм 5% 0805		1	R11
	23					4.7 Ом 5% 0805		2	R12, R13
	24					1 кОм 5% 0805		1	R14
	25					4.7 Ом 5% 0805		1	R15
						Котушки індуктивності			
	26					Котушка VTP-01001		2	L1, L2
						Діоди			
	27					Paralight RED		1	VD1
	28					1N4148		1	VD2
	29					Paralight GREEN		1	VD3
						Роз' єми			
	30					J1CON1, J2CON2		2	XS1, XS2
						Стабілізатор			
	31					SELECTOR		1	DA2
					БР.6.050802.051.005.01 СП				2

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			
Зона	Поз.	Позначення			Найменування	Кіл.	Прим.
					Мікросхеми		
	32				Arduino Nano v3.0	1	DD1
	33				GY-521 MPU-6050	1	DD3
					Модуль		
	34				ESP8266 ESP-01	1	DD2
					Датчики		
	35				MLX90614	1	DA4
	36				Pulse Sensor SEN-11574	2	DA6, DA7
					Аналогові мікросхеми		
	37				Analog ESP-01	2	DA1, DA5
	38				Analog GY-521	1	DA3
					Матеріали		
					Припій ПОС-61 ГОСТ 1981-76	2г	
					Лак УР-231 ТУ6-10-863-84 У1	8г	
					БР.6.050802.051.005.01 СП		3

Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		
-----	-----	----------	-------	------	--	--

ДОДАТОК Г

Зона	Поз.	Позначення			Найменування	Кіл.	Прим.	
					Деталі			
	1	БР.171.051.005.02 Е4			Друкована плата	1		
					Резистори			
	2				100 Ом 5% 0805	1	R1	
	3				100 Ом 5% 0805	1	R2	
					Стабілізатор			
	4				SELECTOR	1	DA1	
					Мікросхеми			
	5				Arduino Nano v3.0	1	DD1	
	6				GY-521 MPU-6050	1	DD2	
					Модуль			
	7				ESP8266 ESP-01	1	DD3	
					Датчики			
	8				MLX90614	1	DA3	
	9				Pulse Sensor SEN-11574	2	DA2	
					БР.6.050802.051.005.02 СП			
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Гайсін А.Ф.				Система автоматичного регулювання параметрів мукроклімату складських приміщень	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Терлецький О.В						1	2
						«КПІ ім. І.Сікорського»,		
Н.контр	Чадюк В.О.							

[illegible]

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Програмний код для електронної системи моніторингу

```
volatile boolean QS = false; // becomes true when Arduino finds a beat.

void setup() {
  pinMode(blinkPin, OUTPUT); // pin that will blink to your heartbeat!
  pinMode(fadePin, OUTPUT); // pin that will fade to your heartbeat!
  Serial.begin(115200);
  interruptSetup(); // sets up to read Pulse Sensor signal every 2ms
  / UN-COMMENT THE NEXT LINE IF POWERING The Pulse Sensor AT LOW VOLTAGE,
  // AND APPLY THAT VOLTAGE TO THE A-REF PIN
  //analogReference(EXTERNAL);
  esp.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  reset();
  connectWifi();
}
```

					БР.6.050802.051.005 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ локум	Пілпис	Дата		69